

VERALTETER KAPSELBANDSCHADEN
AM KNIEGELENK -
STATISCHE ODER STATISCH-DYNAMISCHE
ERSATZOPERATION?

Gottfried M. Krebs

1978

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 • 8000 München 5 • Telefon 268177

Aus der Staatl. Orthopädischen Klinik
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. A.N. WITT

VERALTETER KAPSELBANDSCHADEN AM KNIEGELENK -
STATISCHE ODER STATISCH-DYNAMISCHE ERSATZ-
OPERATION?

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten
Medizin

an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Gottfried M. Krebs

aus

Laufen/Obb.

München 1978

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der
Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr.med. C.J. Wirth

Mitberichterstatter: Prof. Dr.med. A.N. Witt

Dekan: Prof. Dr.med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 19.12.1978





Digitized by the Internet Archive
in 2026

GLIEDERUNG

	Seite
1. EINLEITUNG	5
1.1. Funktionelle Anatomie des Kniegelenkes	5
1.2. Die Instabilität des Kniegelenkes	10
1.3. Therapie der Instabilität des Kniegelenkes	14
1.3.1. Frischer Kapselbandschaden - veralteter Kapselbandschaden	14
1.3.2. Die statische Plastik	16
1.3.3. Die statisch-dynamische Plastik	22
2. PROBLEMSTELLUNG	25
3. EIGENE UNTERSUCHUNG	26
3.1. Präoperative Phase	26
3.1.1. Patientengut	26
3.1.2. Vorbehandlung der Patienten	26
3.1.3. Präoperative Beschwerden	27
3.1.4. Präoperative Befunde	27
3.2. Operation	29
3.2.1. Kreuzbandersatz durch ein mittleres Patel- larsehnedrittel als freies Transplantat	30
3.2.2. Operationsmethode nach Nicholas	33
3.3. Nachuntersuchung	35
3.3.1. Kriterien der Nachuntersuchung	35
3.3.2. Nachuntersuchungsergebnisse	39
3.3.3. Biomechanische Untersuchung	52
3.3.4. Tabelle der Einzelpatienten	54
3.3.5. Statistik	58

4. DISKUSSION	61
---------------	----

5. ZUSAMMENFASSUNG	71
--------------------	----

6. LITERATURVERZEICHNIS	74
-------------------------	----

1. EINLEITUNG

1.1. Funktionelle Anatomie des Kniegelenkes

Das Kniegelenk hat einerseits die Aufgabe, das Bein in der Streckstellung zu stabilisieren und andererseits dem Fuß in der Beugstellung, in der auch Rotationsbewegungen möglich sind, ein erweitertes Bewegungsfeld zu erschließen. Es ist so gebaut, daß es Starre und Festigkeit mit Labilität und Beweglichkeit verbindet. Alle Besonderheiten der Anatomie des Gelenkes lassen sich aus diesen funktionellen Gegensätzen erklären.

Im Kniegelenk sind Beuge- und Streckbewegungen möglich, bei gebeugtem Knie auch Innen- und Außenrotation. Beugung ist aktiv um etwa 130° möglich, dann werden die Flexoren aktiv insuffizient. Eine Überstreckung ist unter physiologischen Bedingungen nur beim Kleinkind möglich. Die Beugung des Kniegelenkes in der Sagittalebene ist keine Scharnierbewegung um eine konstante Achse wie beim Ellenbogengelenk. Die artikulierenden Gelenkkörper sind nicht kongruent. In der Streckstellung lagern sich die Femurcondylen breit auf die Tibiaplatte, in der Beugstellung ist die Berührungsfläche relativ klein, da die Femurcondylen eine spiralenförmige, nach dorsal zunehmende Krümmung aufweisen. Das ermöglicht Stabilität in der Streckstellung, Labilität in der Beugstellung, erfordert aber zusätzliche Bandsicherung. Je nach Stellung des Krümmungshalbmessers der Femurcondylen gegen das Schienbein werden die Führungsbänder ganz oder in Teilzügen gespannt. Um die Kontinuität des Gelenkes in jeder Stellung zu gewährleisten, weist das

Kniegelenk einen komplizierten Bandapparat auf, dessen Anatomie kurz dargestellt werden soll. Daraus läßt sich ableiten, welche Aufgabe jede einzelne Bandstruktur hat und zu welchen Störungen es kommt, wenn dieses oder jenes Band oder verschiedene Bänder gleichzeitig verletzt werden.

Die Patellarsehne und die Quadricepsaponeurose bilden die Bandstruktur an der Frontalseite des Gelenkes. Sie vermitteln Stabilität sowohl passiv durch die Bindegewebszüge ansich als auch aktiv durch den Zug des M. quadriceps femoris, der entscheidend dazu beiträgt, die Kontinuität zwischen Femur und Tibia zu sichern.

An der lateralen Seite des Kniegelenkes wirken stabilisierend:

1. Anterolateral das Retinaculum patellae lat.;
2. der Tractus iliotibialis, der durch den M. vastus lat. und durch den Tensor fasciae latae gespannt wird und anterolateral stabilisierend wirkt.
3. das lat. Kollateralband;
4. der M. biceps femoris, der in Streckstellung seitenstabilisierend wirkt und in Beugestellung eine bedeutende Rotationswirkung aufweist;
5. der musculus popliteus, dessen Sehne am lateralen Femurcondylus ansetzt, die Condylenrolle nach außen und hinten zieht und so eine wichtige Rotationsstabilisierung erreicht. Der Muskel hat zwei weitere Sehnenzüge, von denen der eine den Außenmeniscus nach hinten ziehen und der andere die hintere Kapsel spannen kann;
6. die darunter liegende lat. Kapsel.

An der medialen Seite des Kniegelenkes lassen sich funktionell verschiedene Elemente unterscheiden:

1. Die anteromediale Kapsel und das darüberliegende Retiaculum patellae med., welche die laterale Luxation der Patella verhindern und anteromedial stabilisierend wirken;
2. das mediale Kollateralband;
3. der mittlere Teil der medialen Kapsel, der aus vertikalen Fasern besteht und oft als tiefe Lage des medialen Kollateralbandes bezeichnet wird. Er steht mit dem Innenmeniscus in Verbindung;
4. die posteromediale Kapsel.

Diese Bandstrukturen werden durch darüberliegende Muskeln und Sehnen verstärkt:

1. Den M. vastus med.;
2. die Muskeln, deren gemeinsamer Ansatz an der Tibia den pes anserinus bildet (M. sartorius, M. gracilis und M. semitendinosus), die außer ihrer Hauptfunktion als Flexoren des Kniegelenkes durch ihren Zug vor allem in Beugestellung eine übermäßige Außenrotation der Tibia verhindern. In Streckstellung wirken sie hauptsächlich seitenstabilisierend (Abb. 1).

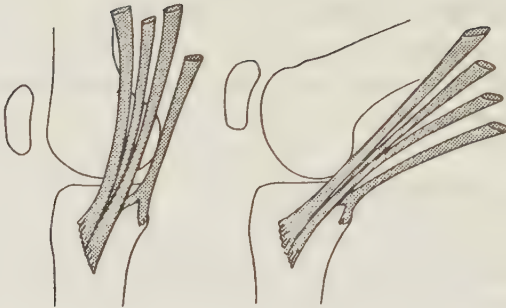


Abb. 1: Schema über die Veränderung der Rotationswirkung der Pesanserinus-Muskelgruppe bei Extension und Flexion, wobei mit zunehmender Flexion der Hebelarm der Rotationswirkung größer wird (40).

3. den M. semimembranosus, der den posteromedialen Teil der Kapsel verstärkt und der Vorwärtsbewegung der Tibia gegenüber dem Femur entgegenwirkt. Er ist ein weiterer wichtiger Innenrotator.

Die hintere Kapselwand wird durch Sehnenbündel aus den Mm. semimembranosus, popliteus und gastrocnemius und durch Bandzüge der Articulatio tibiofibularis, die von lateral in die Kapsel einstrahlen, verstärkt und vor dem Einklemmen bewahrt. Besonders erwähnt seien das Lig. popliteum obliquum, ein Strang aus der Endsehne des M. semimembranosus, der in der hinteren Kapsel schräg aufwärts in Richtung zum lat. Femurcondylus zieht, und das Lig. popliteum arcuatum, das rechtwinklig dazu läuft.

Die Kreuzbänder sichern vor allem den gelenkigen Kontakt zwischen Femur und Tibia: Das vordere Kreuzband zieht von der medialen Fläche des lateralen Condylus zur Area intercondylaris ant., das hintere Kreuzband von der lateralen Fläche des medialen Condylus zur Area intercondylaris post..

Zusammenfassend sei über die Funktion der Kniebänder gesagt: Die Kollateralbänder sind bei einer Flexion von 0 - 15 Grad angespannt, bei weiterer Beugung werden sie mit Ausnahme des anteromedialen Teils des medialen Seitenbandes zunehmend lockerer. Aus diesem Grund stabilisieren sie das Knie in Streckstellung passiv, verhindern mediale und laterale Aufklappbarkeit sowie Außen- und Innenrotation. In Beugstellung lassen sie in geringem Ausmaß Varus- und Valgusinstabilität sowie Außen- und Innenrotation zu. Das Schubladenphänomen wird durch das laterale Kollateralband nicht, durch das mediale Kollateralband in Verbindung mit der posteromedialen Kapsel verhindert (34) oder zumindest eingeschränkt (4; 25).

Die Kreuzbänder, vor allem das vordere, verhindern die Überstreckung des Kniegelenkes. Sie verhindern das Vor- und Zurückgleiten der Tibia auf den Femur in der Sagittalebene, lassen jedoch in geringem Ausmaß Varus- und Valgus- sowie Außen- und Innenrotationsbewegungen zu. Wichtigste Aufgabe des vorderen Kreuzbandes ist die Kontrolle der Vorwärts- gleit- und Innenrotationsbewegung der Tibia gegenüber dem Femur. Am hinteren Kreuzband wird die größte Spannung bei Flexion und Innenrotation erreicht. In Streckstellung wirken also die Seitenbänder sowie der Bau von Femur und Tibia am stärksten stabilisierend, in Beugstellung die Kreuzbänder sowie in der oben beschriebenen Weise die aktiven Sta-

bilisatoren. Eine wichtige Aufgabe haben auch die Menisci beim Auffangen und Abbremsen von Außen- und Innenrotationsbewegungen (Abb. 2).

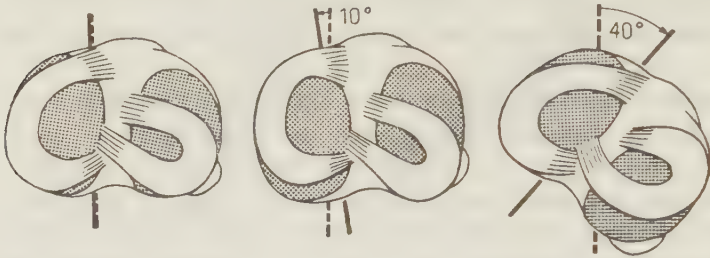


Abb. 2: Darstellung der Verschieblichkeit der Menisci bei den verschiedenen Rotationsbewegungen des Femur auf der Tibia in den verschiedenen Endlagen (40).

1.2. Die Instabilität des Kniegelenkes

Zerreißung eines oder mehrerer Kniebänder führt demnach zur Instabilität des Gelenkes. Nach Nicholas (42) unterscheidet man einfache und komplexe Instabilitäten. Bei Instabilität in einer Ebene der Bewegung spricht man von einfacher, bei Instabilität in zwei oder mehr Ebenen kombiniert mit einer rotatorischen Instabilität von komplexer Instabilität. Je nach Stärke und Richtung einer Gewalteinwirkung werden andere Bandstrukturen zerrissen, wie schon Hnigschmied (23) im Experiment an Leichenknien feststellte, und andere Typen von Instabilität erzeugt. Bei der einfachen Instabilität findet man entweder abnorme Beweglichkeit um eine horizontale Achse oder abnorme Verschieb-

lichkeit von Femur und Tibia in der horizontalen Ebene. Nicholas (42) beschreibt, wie ein bestimmter Unfallmechanismus zur Zerreißung bestimmter Kapsel-Bandstrukturen und damit zu einem bestimmten Instabilitätstyp führt:

Zur Instabilität im Sinne des Valgus führt eine Krafteinwirkung, die das Knie von lateral trifft und den proximalen, mittleren oder distalen Teil des medialen Seitenbandes zerreißt (klin.: mediale Aufklappbarkeit).

Zur Instabilität im Sinne des Varus führt eine Krafteinwirkung, die das Knie von medial trifft und das laterale Seitenband, die Popliteussehne oder beide zerreißt (klin.: laterale Aufklappbarkeit).

Isolierte Risse des vorderen oder hinteren Kreuzbandes mit einfacher Instabilität des Gelenkes in sagittaler Richtung kommen sehr selten vor (56; 25), meist sind sie mit Schädigungen anderer Bandstrukturen kombiniert und führen zur komplexen Instabilität (42).

Komplexe Instabilität bedeutet abnorme Beweglichkeit des Kniegelenks um eine horizontale und eine vertikale Achse: Man unterscheidet vier Kategorien der komplexen Instabilität, die ihrer Häufigkeit nach aufgeführt werden; d.h. am häufigsten findet sich die anteromediale, am seltensten die posteromediale Instabilität (40).

Zur anteromedialen Instabilität führt eine Krafteinwirkung, die das gebeugte Knie bei außenrotierter Tibia von lateral trifft und den posteromedialen Kapselbandapparat, den medialen Meniscus und das vordere Kreuzband zerreißt. Dieses Flexions-Außenrotations-Valgus-Trauma bezeichnet O'Donoghue (51) als unhappy triad.

Zur anterolateralen Instabilität führt eine Krafteinwirkung, welche die Tibia gegenüber dem Femur adduziert und gleichzeitig nach innen rotiert und dabei das laterale Kollateralband, die Gelenkkapsel, das vordere Kreuzband und manchmal das Vorderhorn des lateralen Meniscus zerreißt.

Zur posterolateralen Instabilität führt eine Krafteinwirkung, welche die Tibia gegenüber dem Femur oder das Femur gegenüber der Tibia nach hinten drückt, wobei die Tibia in Nullstellung oder nach innen rotiert ist. Dabei wird das hintere Kreuzband und der laterale Kapselbandapparat zerrissen.

Zur posteromedialen Instabilität führt eine Krafteinwirkung, die das Knie überstreckt, wobei die Tibia in Nullstellung oder in Außenrotation ist. Dabei werden der mediale Kapselbandapparat und das hintere Kreuzband zerrissen.

Die bei dem jeweiligen Typ der Instabilität auftretende Verlagerung des Mittelpunktes der Knierotation sei in folgendem Schema nach Nicholas (42) gezeigt. Die Verlagerung der Rotationsachse ist auch für die Diagnose des vorliegenden Instabilitätstyps wichtig (Abb. 3).

FORCIERTE ABDUKTION
AUSSENROTATION UND BEUGUNG



MEDIALE STABILISATOREN
VORDERES KREUZBAND
MEDIALER MENISCUS

Anteromediale Komplexinstabilität mit Außenrotationsdislokation um eine nach vorn und außen verlagerte Drehachse

FORCIERTE ADDUKTION
UND INNENROTATION



LATERALE STABILISATOREN
VORDERES KREUZBAND
(LATERALER MENISCUS)

Anterolaterale Komplexinstabilität mit Innenrotationsdislokation um eine nach vorn und innen verlagerte Drehachse

FORCIERTE HYPEREXTENSION
AUSSENROTATION ODER
NEUTRALSTELLUNG DER TIBIA



MEDIALE STABILISATOREN
HINTERES KREUZBAND

Posteromediale Komplexinstabilität mit Innenrotationsdislokation um eine nach hinten und außen verlagerte Drehachse

FORCIERTE DORSALVERSCHIEBUNG
DER TIBIA IN INNENROTATION
ODER NEUTRALSTELLUNG



LATERALE STABILISATOREN
HINTERES KREUZBAND

Posterolaterale Komplexinstabilität mit Außenrotationsdislokation um eine nach hinten und innen verlagerte Drehachse

Abb. 3: Verlagerung der Rotationsachse bei den vier Typen der komplexen Instabilität (42)

1.3. Therapie der Instabilität des Kniegelenkes

1.3.1 Frischer Kapselbandschaden - veralteter Kapselbandschaden

Jede nachgewiesene Instabilität sowie der Verdacht auf schwere Verletzungen, der wegen der Schmerzhaftigkeit des Gelenkes nicht sicher abgeklärt werden kann, sollten unmittelbar operativ revidiert und behandelt werden. Dieser Meinung waren die Teilnehmer am 3. Reisenburger Workshop (57) zur klinischen Unfallchirurgie vom 27.2. bis 1.3.1975. Auf die Wichtigkeit der frühzeitigen Diagnose und operativen Versorgung von Bandläsionen am Knie haben bereits zahlreiche Autoren hingewiesen (11; 48; 62). Muhr, Tscherne und Hesse (41) geben als Gründe für die sofortige operative Behandlung der frischen Kniebandverletzung an:

1. Primär operativ versorgte Bandverletzungen haben kürzere Heilungs- und Behandlungszeiten als verzögerte oder konservative Therapiemaßnahmen.
2. Die einwandfreie Adaption der Bandstümpfe verhindert Defektheilungen und verbessert damit die Prognose wesentlich. Die durch muskuläre Kompensation überspielte Insuffizienz nach konservativer Behandlung führt auf die Dauer immer zu Instabilität und Spätschaden.
3. Nur durch die operative Freilegung der betroffenen Strukturen kann das volle Ausmaß des Schadens, auch an Nachbargebilden wie Menisci und Knorpel, erkannt werden.
4. Die Möglichkeit des Gelenkgipsverbandes nach Burri (8; 9) verbessert die Frühergebnisse und damit die Prognose durch Reduktion der Immobilisierungsschäden entscheidend. Dazu wird zwischen fünften und siebten postopera-

tiven Tag ein Oberschenkellegegips angebracht, aus dem am folgenden Tag über dem Kniegelenk ein Zylinder herausgefräst wird. Auf beiden Seiten werden Bewegungsschienen eingepaßt, die bei Beugung von 20 bis 60 Grad einen Anschlag aufweisen. In diesem Bewegungsumfang kann der Patient sein Knie aktiv bewegen und beim Gehen teil oder gar voll belasten.

5. Bei zusätzlichen Osteosynthesen an der verletzten Extremität wird durch die Bandnaht die funktionelle Nachbehandlung nur unwesentlich beeinträchtigt.

Jäger und Wirth (27) bestätigen aufgrund von Nachuntersuchungsergebnissen von sofort und verspätet operierten unhappy triad Fällen die Notwendigkeit einer sofortigen operativen Versorgung, da die Untersuchungsergebnisse bei den sofort Operierten deutlich besser ausfielen. Zur selben Folgerung gelangen Matter, Burri und Ruedi (37).

Palmer (54), Jones (29) und O'Donoghue (52) haben im Tierexperiment gezeigt, daß ein durchtrenntes und damit funktionslos gewordenes Kreuzband innerhalb kurzer Zeit bis auf kleine Reststummel resorbiert wird, während frischgenähte Bänder bereits nach zehn Wochen sowohl makroskopisch wie auch histologisch geheilt erschienen. Das gleiche Ergebnis erweist sich bei der intraoperativen Inspektion von Kniegelenken mit veralteten Kapselbandschäden an unserer Klinik (s.u.).

Als veraltete Kapselbandschäden des Kniegelenks werden also diejenigen Verletzungen bezeichnet, die aufgrund von posttraumatisch aufgetretener Degeneration geschädigter Bandstrukturen nicht mehr wie frische Verletzungen durch Band-

naht oder Refixation knöcherner Ausrisse durch Drahtnaht oder Verschraubung versorgt werden können, sondern zur Wiederherstellung der Stabilität bandplastische Maßnahmen erfordern.

Die statische Plastik

Dazu bieten sich gestielte autologe-, freie autologe-, homo- und heterologe- und alloplastische Transplantate an, mit dem Ziel, beschädigte Bandstrukturen möglichst anatomisch genau und damit auch funktionell zu ersetzen. Solche Plastiken, die durch den Ersatz insuffizienter statischer Stabilisatoren, d.h. Kreuzbänder und mediales und laterales Seitenband, Instabilität beseitigen sollen, bezeichnet man als statische Plastiken. Zur Verdeutlichung dieses Begriffes sei eine Auswahl von Seiten- und Kreuzbandplastiken aufgeführt, welche die prinzipiellen Möglichkeiten zeigen soll, die zum Ersatz geschädigter Bandstrukturen am Kniegelenk angewandt werden können.

Operationen bei Instabilität des medialen Seitenbandes

a) Prinzip: Bandplastik durch Sehnenverlagerung

E d w a r d s (15) befestigt die distal gestielten Sehnen von Gracilis und Semitendinosus in einer Knochenrinne am medialen Condylus und stept die proximalen Sehnenstümpfe auf die Sartoriussehne.

K r ö m e r (32) ersetzt das defekte Seitenband durch die distal gestielte Adductor-magnus-Sehne, indem er sie mit Draht durchflechtet und am medialen Tibiakopf verschraubt.

b) Prinzip: Bandplastik mit anderen orstständigen Geweben

M a u c k (39) strafft das instabile Seitenband, indem er dessen knöchernen Ansatz am medialen Tibiakopf nach distal verlagert.

C a m p b e l l (10) klappt einen distal gestielten Lappen aus der medialen Fascie nach caudal, zieht diesen unter einer queren Fascienbrücke am medialen Tibiakopf durch und fixiert ihn proximal wieder, nachdem er ihn nach oben geschlagen hat.

c) Prinzip: Bandplastik mit freien auto-, homo- oder heterologen sowie alloplastischen Transplantaten

J e l i n e c k , G r u b e r und S i e p e n (28) verwenden Dacron- bzw. Teflon-Gefäßprothesenmaterial und fixieren dieses z-förmig als Seitenbandersatz.

W i l l e n e g g e r und B a l t e n s p e r g e r (65) fixieren frische Cutisstreifen vom kontralateralen Oberschenkel in queren Knochenkanälen am Femurcondylus und Tibiakopf in Rechteckform.

J ä g e r (26) schlägt homologe, konservierte Dura als Bandersatz vor.

Operationen bei Instabilität des lateralen Seitenbandes

Im Prinzip ergeben sich ähnliche Möglichkeiten der Bandplastik wie beim medialen Kollateralband, als besondere Verfahren seien erwähnt:

a) Prinzip: Bandplastik durch Sehnenverlagerung

E d w a r d s (15) schlägt vor, die distal gestielte Bicepssehne am lateralen Condylus zu fixieren und einen distal gestielten Fascia-lata-Streifen nach caudal zu schlagen und über der Bicepssehnenplastik am Fibulaköpfchen zu verankern.

K r ö m e r (32) verwendet die distal gestielte vordere Bicepssehnenhälfte als Außenband, indem er sie mit Draht durchflechtet und am Femurcondylus fixiert.

b) Prinzip: Bandplastik mit anderen ortsständigen Geweben

M c . C o n v i l l e (38) adaptiert die mit Nahtmaterial durchflochtenen Bandstümpfe. Zusätzlich spaltet er den Tractus iliotibialis über dem Gelenk und doppelt ihn.

c) Prinzip: Bandplastik mit freien auto-, homo- oder heterologen sowie alloplastischen Transplantaten

Die bei der Plastik des Innenbandes angegebenen Verfahren lassen sich auch prinzipiell zum Ersatz des Außenbandes verwenden.

Operationen bei Instabilität der Kreuzbänder

a) Prinzip: Bandplastik durch Sehnenverlagerung

C a m p b e l l (11) zieht zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes einen distal gestielten Streifen aus den medialen Anteilen der Patellar- und Quadricepssehne durch Bohrkanäle im ventralen Tibiakopf und lateralen Femurcondylus und vernäht diesen am Periost (Abb. 4). Das gleiche Verfahren läßt sich für den Ersatz des hinteren Kreuzbandes anwenden, wenn der Knochenkanal durch den medialen Femurcondylus gebohrt wird.

B r ü c k n e r (6) zieht einen distal gestielten Streifen aus dem medialen Patellarsehnenanteil mit einer Knochenschale aus der Patella durch einen Knochenkanal im medialen Tibiakopf und verbolzt ihn in einem blinden Bohrloch am lateralen Femurcondylus (Abb. 5).

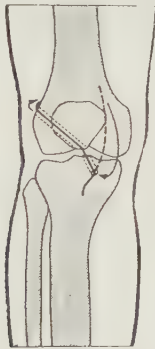


Abb. 4: Opera-
tionsverfahren
von Campbell
1939

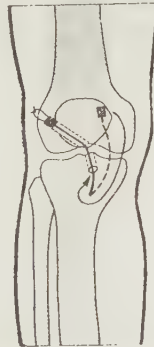


Abb. 5: Opera-
tionsverfahren
von Brückner
1966

N i e d e r e g g e r (43; 44) fixiert den am Hinterhorn gestielten medialen Meniscus am proximalen Kreuzbandstumpf und führt das freie Vorderhorn durch einen Knochenkanal zur Tuberositas tibiae.

O ' D o n o g h u e (49) führt einen distal gestielten Fascienstreifen aus dem Tractus iliotibialis durch Kanäle im ventralen Tibiakopf und lateralen Femur und von dort zurück zum Fibulaköpfchen.

- c) Prinzip: Bandplastik durch freie auto-, homo- oder heterologe sowie alloplastische Transplantate

W i l l e n e g g e r und B a l t e n s p e r g e r (65) beschreiben die Kreuzbandplastik mit autologer Cutis.

S t e r n e m a n n und V o o r h o e v e (61) schlagen zum Kreuzbandersatz konservierte homologe Sehnen oder Rindersehnen vor.

Bei dem letztgenannten Verfahren werden die Transplantate durch Knochenkanäle wie beim Operationsverfahren nach Hey - Groves geführt.

J o n e s (29; 30) nimmt einen distal gestielten Streifen aus dem mittleren Patellarsehnenanteil mit einer Knochenschale aus der Patella und einem Stück Quadricepssehne und befestigt diesen in einem Knochenkanal im lateralen Condylus.

W e i g e r t (64) fixiert zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes die distal gestielte Semitendinosus- oder Gracilissehne am Femurcondylus nach Verlagerung durch Knochenkanäle im ventralen Tibiakopf und lateralen Femurcondylus, zum Ersatz des hinteren Kreuzbandes werden die Kanäle im dorsalen Tibiakopf und im medialen Femurcondylus gebohrt.

b) Prinzip: Bandplastik durch anderes ortsständiges Gewebe

H e y - G r o v e s (22) schlägt vor, einen distal gestielten Lappen aus der Fascia lata durch Knochenkanäle im lateralen Condylus und ventralen Tibiakopf zu ziehen und dort zu fixieren. Bei gleichzeitigem Vorliegen einer Innenbandläsion kann der Streifen bis zum medialen Femurcondylus weitergeführt werden.

C u b b i n s , C a l l a h a n und S c u d e r i (13) verwenden zum Ersatz des hinteren Kreuzbandes einen gestielten Streifen aus Vastus lateralis- und Bicepsfascie, der um das Fibulaköpfchen herum durch Bohrkanäle im dorsalen Tibiakopf und medialen Femurcondylus geleitet wird. Zum plastischen Ersatz des vorderen Kreuzbandes wird der Streifen durch den lateralen Condylus und den ventralen Tibiakopf gezogen.

W i t t e k (67; 68) empfiehlt, das freie hintere Ende des am Vorderhorn gestielten medialen Meniscus in der Fossa intercondylica zu verschrauben.

1.3.3 Die statisch-dynamische Plastik

Unter dem Eindruck der Arbeiten von Trillat bzw. Ficat (63; 17), O'Donoghue (51; 53), Slocum und Larson (58, 59) und Nicholas (42), welche die Pathophysiologie der Instabilität des Kniegelenkes um den Begriff der Rotationsinstabilität bereichert haben und die Bedeutung der aktiven Stabilisatoren sowie der Gelenkkapsel erkannt haben, wurden neue Maßstäbe in der Therapie der Instabilität gesetzt. O'Donoghue (51) hat mit seinem Begriff der unhappy triad gezeigt, daß meistens komplexe, miteinander kausal verbundene Verletzungsformen vorliegen. Die genannten Autoren betrachten die Bänder des Kniegelenkes nicht mehr als Einzelstrukturen, sondern sprechen vom Kapselbandapparat als Einheit. Komplexe Verletzungsformen erfordern eine komplexe Therapie, die vom Kapselbandapparat als Einheit ausgeht. So entwickelten Slocum und Larson (59) als erste einen spezifischen Eingriff zur Behandlung der Rotationsinstabilität. Sie klappten dabei die Pes-anserinus-Sehnengruppe so nach cranial um, daß aus den Flexoren mehrheitlich Innenrotatoren werden. Mit dieser aktiven Kraft soll die passive Instabilität bekämpft werden (Abb. 6).

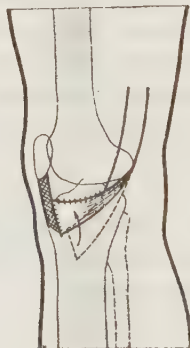


Abb. 6: Pes-anserinus-Transplantation nach Slocum (1968)

"Damit ist auch eine neue Idee, nämlich die der sogenannten aktiven Bandplastik, zu einem klar verstehbaren technischen Verfahren geworden. Die aktive oder dynamische Plastik baut auf der Tatsache auf, daß über Muskeln und Sehnen bei Instabilität eine aktive Komponente, beispielsweise durch den M. quadriceps, ermöglicht wird. Mit dieser Erfahrung wird bei den aktiven Plastiken den zur Stabilisierung in Frage kommenden Muskeln (z.B. aus dem medialen oder lateralen Quadruple complex) eine neue Ansatzstelle mit günstigeren Hebelarmverhältnissen für die neugeschaffene Funktion gegeben" (40).

Ein dynamisches Verfahren zur Behandlung der Insuffizienz des medialen Kollateralbandes wandte bereits H o h m a n n (24) im Jahre 1935 an, indem er den distalen Vastus-medialis-Anteil mobilisierte und gegen die ebenfalls mobilisierten distalen Kapsel- und Innenbandanteile vernähte.

H e l f e t (20) verlagert die Semitendinosussehne gleitfähig in einen condylären Knochenkanal. Der Zug des M. semitendinosus, der dadurch eine andere Richtung erhält, stabilisiert das Knie medial aktiv.

A u g u s t i n e (4) beschreibt eine Operationsmethode zum Ersatz des hinteren Kreuzbandes, bei der ein medialer Patellarsehnenstreifen mit Knochenschale aus der Tuberositas durch einen Knochenkanal im vorderen Tibiakopf geführt und dort fixiert wird (Abb. 7).



Abb. 7: Operationsverfahren von Augustin 1956

Als Operation bei Instabilität des vorderen Kreuzbandes schlägt L i n d e m a n n (35) vor, die proximal gestielte Sehne des M. semitendinosus oder des M. gracilis in die Fossa intercondylica zu verlagern und durch einen Knochenkanal im ventralen Tibiakopf an der Tuberositas tibiae zu fixieren. Er versucht, den Verlauf des vorderen Kreuzbandes anatomisch möglichst genau nachzuahmen, will aber gleichzeitig die Funktion des Kreuzbandes, nämlich ein nach vorne Gleiten der Tibia gegenüber dem Femur zu verhindern, durch die aktive Kraft des Muskels wiederherstellen.

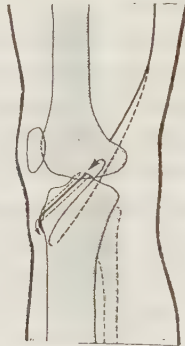


Abb. 8: Operationsverfahren von Lindemann 1950

Die genannten vier Autoren wandten die dynamische Plastik an, um einfache Instabilitäten zu behandeln, das von W. Müller (40) definierte Prinzip der aktiven Bandplastik bleibt jedoch gültig.

Autoren wie O'Donoghue, Slocum und Nicholas führen die Idee der dynamischen Plastik weiter.

In seiner "Five-One-Reconstruction for Anteromedial Instability of the Knee" verbindet Nicholas statische und dynamische Elemente zur Stabilisierung des Kniegelenks. Diese Operationsmethode wird später noch genau beschrieben.

2. P R O B L E M S T E L L U N G

Statische und statisch-dynamische Plastik werden heute in der Behandlung von Kniebandschäden nebeneinander angewandt. Beide haben von der Theorie her ihre Berechtigung: Einerseits wird der anatomisch möglichst genaue Ersatz geschädigter Bandstrukturen und damit auch die Behebung von funktionellen Störungen angestrebt, andererseits aufgrund der heute komplexeren Betrachtungsweise von Kapselbandschäden des Kniegelenks die Kompensation von Instabilitäten auch durch aktive Kräfte unter Berücksichtigung der Mitverletzung der Gelenkkapsel versucht.

Aufgabe dieser Untersuchung ist die Beurteilung von zwei Operationsmethoden zur Behandlung einer veralteten unhappy triad, die in der Orthopädischen Universitätsklinik München angewandt werden. Als statische Plastik für das vordere Kreuzband findet das freie Transplantat des mittleren Patellarsehnendrittels nach Franke bzw. Brückner (19; 7) kombiniert mit innenbandplastischen Maßnahmen Verwendung, als statisch-dynamische Plastik die Five-One-Reconstruction nach Nicholas (42). Es sollen gleichzeitig zwei Methoden beschrieben und aufgrund von Nachuntersuchungsergebnissen beurteilt und miteinander verglichen werden. Aus den gewonnenen Ergebnissen soll eine Aussage gemacht werden, welche Methode zur Therapie einer veralteten unhappy triad und der damit verbundenen anteromedialen Instabilität besser geeignet ist.

3. E I G E N E U N T E R S U C H U N G

3.1. Präoperative Phase

3.1.1 Patientengut

An der Staatlichen Orthopädischen Klinik der Universität München wurde in der Zeit vom 7.11.1973 bis 2.4.1976 bei 49 Patienten eine veraltete unhappy triad diagnostiziert und mittels freiem Transplantat nach Franke bzw. Brückner (19; 7) kombiniert mit innenbandplastischen Maßnahmen und später mittels der Five-One-Procedure nach Nicholas operativ versorgt.

Unter den 49 Patienten waren 45 Männer und 4 Frauen.

Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug 27 Jahre, der jüngste war 17, der älteste 59 Jahre alt.

Betroffen waren in 27 Fällen das rechte und in 22 Fällen das linke Bein.

Die Verletzung des Kniebandapparates zogen sich 43 der Patienten beim Sport zu, 30 davon beim Fußballspiel, vier beim Schifahren, drei beim Handballspiel, zwei beim Judo, zwei beim Ringen, eine Patientin beim Tennis und einer beim Tanz. Zwei Patienten erlitten ihre Verletzung bei der Ausübung ihrer beruflichen Tätigkeit, zwei durch einen Unfall, einer durch einen Sturz und einer durch eine Rauferei.

3.1.2 Vorbehandlung der Patienten

37 Patienten waren vorbehandelt, 19 davon operativ, 16 konservativ mit Gips oder Tutor und zwei mit wiederholten

Injektionen in das Gelenk. Bei den 19 operativ vorbehandelten Patienten war in 12 Fällen eine Entfernung des medialen Meniscus, in zwei Fällen eine Entfernung des lateralen Meniscus, in einem Fall eine Naht des Innenbandes, in einem Fall eine Naht des Außenbandes, in einem Fall ein freies Transplantat mit dem mittleren Patellarsehnendrittel zum plastischen Kreuzbandersatz kombiniert mit einer Plastik des Innenbandes mit Gracilissehne, und in zwei Fällen eine operative Revision des Gelenkes durchgeführt worden. Zusätzlich zur Entfernung des medialen Meniscus war ein Patient mit Kreuzbandplastik nach Lindemann versorgt worden.

3.1.3 Präoperative Beschwerden

Alle 49 Patienten hatten präoperative Beschwerden:

28 litten an Schmerzen, 43 an Instabilität, wobei hauptsächlich über ein unkontrolliertes "Herausdrehen" des Gelenkes geklagt wurde, fünf an Einklemmungserscheinungen und acht an rezidivierenden Ergüssen. 23 Patienten klagten über Schmerzen und Instabilität gleichzeitig, was somit bei weitem die häufigste Kombination von Beschwerden ist.

3.1.4 Präoperative Befunde

Bei der klinischen Untersuchung vor der Operation ließ sich bei zwei Patienten eine leichte (+), bei sechs eine mäßige (++) und bei 40 eine starke (+++) vordere Schublade auslösen. Ein Patient wies ein sehr starkes (++++) Schubladenphänomen auf. In allen Fällen war auch das mediale Seitenband locker, bei drei Patienten war das Gelenk leicht (+), bei 25 mäßig (++) und bei 21 stark (+++) aufklappbar.

Die Beweglichkeit des Gelenkes war in 33 Fällen frei, in sieben Fällen leicht, in sechs Fällen mäßig und in drei Fällen stark eingeschränkt.

Lateral war das Gelenk bei einem Patienten leicht (+), bei fünf Patienten mäßig (++) und bei einem Patienten stark (+++) aufklappbar.

39 Patienten wiesen eine starke (+++) und 10 Patienten eine mäßige (++) anteromediale Instabilität auf.

Ein Erguß konnte nur bei zwei Patienten festgestellt werden, von denen einer wegen rezidivierender Ergüsse als einzige Beschwerde in Behandlung kam.

Bei der Untersuchung auf Meniscuszeichen wurde in sieben Fällen eine Läsion des medialen Meniscus, in einem Fall eine Läsion des lateralen Meniscus diagnostiziert.

Bei der Umfangsmessung 20 cm oberhalb des medialen Gelenkspaltes wiesen nur vier Patienten keine Muskelminderung gegenüber dem gesunden Bein auf. 18 hatten eine leichte (bis 1 cm), 21 eine mäßige (bis 2 cm), fünf eine starke (bis 3 cm) und einer eine sehr starke (über 3 cm) Muskelminderung.

Von jedem Patienten wurden Röntgenaufnahmen beider Kniegelenke in antero-posteriorem und seitlichem Strahlengang angefertigt und danach der Arthrosegrad des kranken Kniegelenkes beurteilt: 18 Patienten wiesen keine Arthrose auf, bei 27 wurde eine leichte (I), bei vier Patienten eine mäßige (II) Arthrose festgestellt.

Klinische und röntgenologische Untersuchungen vor der Operation wurden nach denselben Kriterien durchgeführt wie bei der Nachuntersuchung. Dort werden auch Untersuchungsmethoden und Kriterien genauer dargestellt.

Der zwischen Unfall und Operation liegende Zeitraum betrug im Durchschnitt 39 Monate, maximal 17 Jahre, minimal 1,5 Monate.

3.2. Operation

Vor einer Betrachtung von speziellen Operationsmethoden muß erst die Indikation und die Zielsetzung einer operativen Behandlung diskutiert werden.

Schmerzen, Instabilität und Atrophie der Muskulatur des betroffenen Gelenkes führen zu verminderter allgemeiner Leistungsfähigkeit, Minderung der Berufsfähigkeit und der Sportfähigkeit. Ziel der Operation ist eine Verbesserung oder Beseitigung dieser Beschwerden und damit einer Verbesserung der Berufs- und Freizeitmöglichkeit des Patienten. Dabei ist zu bedenken, daß geringgradige Instabilität bei einem Büroangestellten kaum behindern dürfte, für einen Sportlehrer aber existenzbedrohend sein kann.

Instabilität zieht vermutlich eine Arthrosis deformans des betroffenen Gelenkes mit den bekannten Spätfolgen nach sich. Ziel der Operation ist eine Beseitigung der Instabilität und damit die Verhinderung (meist bei frischen Verletzungen) einer Arthrose überhaupt oder, bei bereits bestehender geringgradiger Arthrose (meist bei veralteten Verletzungen), einer Verschlechterung der Arthrose.

Wenn man das Operationsrisiko an sich, das Risiko der Anästhesie, die Möglichkeit einer Infektion, die Belastung des Patienten durch Operation, Krankenhausaufenthalt und Nachbehandlung und nicht zuletzt die Kosten in Rechnung stellt, ist eine Operation nicht berechtigt, wenn sie nur

geringgradige Verbesserung bringen kann. Das muß bei der Beurteilung einer Operationsmethode berücksichtigt werden.

Ziel bei der Abwägung verschiedener Operationstechniken mit gleicher Erfolgchance muß auch die Verkürzung des Krankenhausaufenthaltes des Patienten sein, d.h. eine Verkürzung der Immobilisationszeit des Gelenkes, damit eine Verringerung der Thrombosegefahr, der Muskelatrophie und der Immobilisationsschäden am Gelenk selbst, und eine Verkürzung der Nachbehandlungszeit.

Unter dieser Zielsetzung sollen die vorher genannten Methoden betrachtet werden:

- 3.2.1 Ein mittleres Patellarsehnendrittel als freies Transplantat nach Franke oder Brückner (19; 7) kombiniert mit innenbandplastischen Maßnahmen

Der Erssatz des vorderen Kreuzbandes durch das mittlere Patellarsehnendrittel als autologes freies Transplantat soll, nach dem Prinzip der statischen Plastik, die ursprünglichen anatomischen Verhältnisse wiederherstellen. Es sollen Femur und Tibia so verbunden werden, wie es durch das intakte Kreuzband geschieht, und dadurch die Stabilität des Gelenkes wieder gewonnen werden. Mit diesem Transplantat ist es möglich, die Insertion an den Ursprungs- und Ansatzstellen des ursprünglichen Kreuzbandes vorzunehmen und so einen funktionsgerechten Verlauf der Kreuzbandplastik zu erzielen (3).

Die bei den aufgeführten Fällen jedesmal gleichzeitig vorhandene Innenbandschädigung wird ebenfalls versorgt. Verwendet wurden dazu der Pes-anterinus-Transfer

nach Slocum, die Seitenbandplastik mit Semitendinosus- oder Gracilissehne oder eine Raffung des Seitenbandes.

Wie schon vorher gezeigt, gibt es zahlreiche andere Verfahren, die dem statischen Kreuzbandersatz dienen, und, wiederum kombiniert mit innenbandplastischen Maßnahmen, zur Therapie einer veralteten unhappy triad Verwendung finden. Das freie Transplantat wurde für diese Untersuchung ausgewählt, weil es in dem betrachteten Zeitraum, zusammen mit dem Kreuzbandersatz durch distal gestieltes mediales Patellarsehnendrittel nach Brückner (6), das in der Orthopädischen Universitätsklinik München am häufigsten angewandte Verfahren zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes war. Nach Untersuchungen von Artmann und Wirth (3) kann das distal gestielte Transplantat jedoch nicht befriedigen, was vor allem auf die nicht ausreichende Länge des Transplantats zurückzuführen ist (66). Auch bei Nachuntersuchungen (68) erzielte das freie Transplantat bessere Ergebnisse.

Der Vergleich freies Transplantat / distal gestieltes Transplantat zeigt, welche unterschiedlichen Ergebnisse zwei statische Plastiken zum Kreuzbandersatz haben können. Auch aus diesem Grunde wird für diese vergleichende Untersuchung das freie Transplantat ausgewählt - andere Operationsmethoden bleiben bewußt ausgeklammert, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

12 der 49 Patienten, die wegen einer veralteten unhappy triad zur Operation kamen, wurden mit dem freien Transplantat des mittleren Patellarsehnendrittels versorgt. Das mediale Seitenband wurde jeweils wie oben erwähnt mitversorgt und zwar in acht Fällen durch Pes-anserinus-

Transfer, in einem Fall durch Seitenbandraffung, in zwei Fällen durch Plastik mit Gracilis-, und in einem Fall mit Semitendinosussehne. Bei der operativen Revision wurde in 10 Fällen ein Fehlen, in zwei Fällen eine Lockerung des vorderen Kreuzbandes festgestellt. In allen 12 Fällen war das mediale Seitenband gelockert, während das laterale Seitenband in keinem Fall geschädigt war.

Die klinische festgestellten Meniscusläsionen erwiesen sich jeweils auch intraoperativ als solche. Der mediale Meniscus wurde also in drei Fällen entfernt. In einem Fall wurde das Hinterhorn eines schon vorher teilweise exstirpierten Meniscus entfernt.

Die Knorpelflächen des Gelenkes wurden inspiziert. Dabei wurden in fünf Fällen Knorpeldefekte in Form von Arrosionen und Schliffurchen an den Femurcondylen festgestellt.

Die operierten Kniegelenke wurden in allen Fällen mit einem Gipsverband ruhiggestellt. Dabei wurde als primäre Fixation ein Oberschenkelgips, meist mit einem Beckenringgips kombiniert, gegeben. Der Gipswechsel erfolgte in der Regel nach zwei Wochen. Dann wurde eine Oberschenkelgipshülse angelegt und Belastung gestattet. Die Gipsfixation betrug bei den 12 operierten Patienten jeweils sechs Wochen.

Die anschließende Remobilisation dauerte durchschnittlich 25 Tage. Dabei galten als Kriterien der Remobilisation eine aktive freie Streckung sowie eine aktive Beugefähigkeit von 90 Grad.

Komplikationen: In einem Fall mußte nach neun Wochen Nachbehandlungszeit eine Remobilisation in Narkose durchgeführt werden. Bei einem Patienten trat postoperativ eine Sudeck'sche Dystrophie auf. Andere Komplikationen, sowohl intra- als auch postoperativ, traten nicht auf.

3.2.2 Die Five-One-Procedure nach Nicholas (42)

Bei der Beschreibung der Operationsmethode nach Nicholas soll das Prinzip der statisch-dynamischen Plastik noch einmal verdeutlicht werden:

Die Five-One-Procedure besteht aus fünf Schritten:

- 1) Der mediale Meniscus wird entfernt, um die spätere Mobilisation der hinteren Kapsel zu ermöglichen.
- 2) Der femorale Ansatzpunkt des medialen Seitenbandes wird nach dorsal und proximal verlagert.
- 3) Die posteromediale Kapsel wird mobilisiert und nach ventral und distal verlagert, indem man sie auf das vorher versetzte mediale Seitenband aufsteppt. Dadurch wird die Außenrotation der Tibia begrenzt und die Strukturen, die mediale Instabilität verhindern, werden verstärkt.
- 4) Der dorsale Teil des Vastus medialis wird distalwärts auf den proximalen Teil der Kapsel versetzt, um einen dynamischen Muskelzug auf das obere Ende der posteromedialen Kapsel herzustellen.
- 5) Zuletzt wird der Pes-anserinus-Transfer nach Slocum durchgeführt, um auf der anteromedialen Seite des Kniegelenkes eine dynamische innenrotierende Kraft auf die Tibia wirken zu lassen.

Die Five-One-Procedure zeigt, wie Nicholas von der Betrachtungsweise: Defekt des vorderen Kreuzbandes - Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch statische Plastik, oder: Defekt des medialen Seitenbandes - Wiederherstellung des Bandes, abgeht und für eine komplexe Schädigung des Kapselbandapparates eine komplexe Behandlung anbietet.

Er betont dabei die dynamische, aktive Stabilisierung des Gelenkes durch die Einwirkung des Zuges von Muskeln auf die Kapsel und die Tibia (Schritt 4) und 5) der Five-One-Procedure).

Schritt 2) und 3) stellen statische Maßnahmen zur Straffung des medialen Seitenbandes bzw. der posteromedialen Kapsel dar. Damnach kann man die Five-One-Procedure als statisch-dynamische Plastik bezeichnen.

Von den oben aufgeführten 49 Patienten mit veralteter unhappy triad wurden 37 mit der Five-One-Procedure nach Nicholas versorgt. Bei der Operation wurde in 31 Fällen der mediale Meniscus, in einem Fall der laterale Meniscus entfernt. Die Menisektomie unterblieb in einem Fall, in fünf Fällen war er bereits vorher entfernt worden.

Ein Fehlen des vorderen Kreuzbandes wurde in 28 Fällen und eine Lockerung in 9 Fällen festgestellt. Aus den Operationsprotokollen ließ sich in allen 37 Fällen eine Lockerung des Innenbandes entnehmen, nur in zwei Fällen eine Lockerung des Außenbandes.

Schäden am Gelenkknorpel wurden in drei Fällen festgehalten.

Die postoperative Fixation dauerte jeweils sechs Wochen. Dabei kam zuerst ein Oberschenkelleggips mit Becken-

ringgips zur Anwendung, der nach zwei bis drei Wochen gewechselt wurde. Dann wurde ein Oberschenkelliegegips angelegt.

Bei der Bemessung der Remobilisationszeit wurden wiederum die oben genannten Kriterien angewandt. Sie betrug im Durchschnitt 20 Tage, maximal 60, minimal fünf Tage. Zwei Patienten wurden auswärts nachbehandelt.

Komplikationen: Intraoperativ traten keinerlei Komplikationen auf, postoperative Komplikationen waren in einem Fall eine Lungenembolie, in einem Fall ein subkutanes Hämatom mit Wundheilungsstörung und in einem weiteren Fall eine temporäre Fibularisparese durch Gipsdruck.

3.3. Nachuntersuchung

3.1 Kriterien der Nachuntersuchung

Für die Zeit von der Operation bis zur Nachuntersuchung wurde ein Minimum von sechs Monaten festgelegt. Wurde ein Patient mehrere Male nachuntersucht, kamen jeweils die letzten Untersuchungsergebnisse zur Auswertung.

Die Nachuntersuchung gliederte sich in einen subjektiven und einen objektiven Teil, wobei alle Patienten nach dem gleichen Schema untersucht wurden.

Für den subjektiven Teil der Nachuntersuchung fand ein Schema nach O'Donoghue (47) Verwendung. Die vom Untersucher gestellten Fragen sollten vom Patienten mit "ja" oder "nein" beantwortet werden.

Untersuchungsschema nach O'Donoghue (1955):

1. Stört Sie Ihr operiertes Kniegelenk?
2. Ist das operierte Kniegelenk so gut wie das andere?
Wenn nein:
3. Schmerzt es?
4. Ist es locker oder wacklig?
5. Ist die Beweglichkeit eingeschränkt?
6. Schwillt es an?
7. Scheint es schwach zu sein?
8. Knickt es ein oder spannt es?
9. Können Sie in die Hocke gehen?
10. Haben Sie Schwierigkeiten beim Treppensteigen?
11. Hindert es bei der Arbeit?
12. Sind Sie völlig zufrieden mit dem Operationsergebnis?
13. Hat Sie Ihr Kniegelenk von weiterer sportlicher Tätigkeit abgehalten?

Auch der objektive Teil der Nachuntersuchung wurde bei allen Patienten nach dem gleichen Schema durchgeführt. Wiederum wurde jeweils die letzte Nachuntersuchung ausgewertet. Jeder Patient wurde klinisch auf folgende Kriterien hin untersucht:

- a) Auslösbarkeit des vorderen Schubladenphänomens, wobei graduell eingeteilt wurde in: Keine Schublade ($\emptyset$), leichte Schublade (+), mäßige Schublade (++), starke Schublade (+++) und sehr starke Schublade (++++);

- b) Vorhandensein einer Rotationsinstabilität: Dabei wird das Schubladenphänomen bei 15 Grad Außenrotation und 30 Grad Innenrotation des Fußes geprüft.

Auslösbarkeit des Schubladenphänomens bei 15 Grad Außenrotation weist auf eine anteromediale, bei 30 Grad Innenrotation auf eine anterolaterale Komplexinstabilität hin.

Anteromediale bzw. anterolaterale Instabilität werden wiederum eingeteilt in keine ($\emptyset$), leichte (+), mäßige (++), starke (+++) und sehr starke (++++) Instabilität.

- c) Aufklappbarkeit des medialen und des lateralen Gelenkspalts; graduelle Einteilung: Keine ($\emptyset$), leichte (+), mäßige (++), starke (+++) und sehr starke (++++) mediale bzw. laterale Aufklappbarkeit.

- d) Beweglichkeit des Gelenkes:

Eingeteilt wurde in freie Beugefähigkeit, leichte Einschränkung der Beugefähigkeit (120 Grad bis 130 Grad), mäßige Einschränkung der Beugefähigkeit (100 Grad bis 120 Grad), mittelgradige (90 Grad bis 100 Grad) und starke Einschränkung der Beugefähigkeit (weniger als 90 Grad).

- e) Quadricepsminderung, gemessen vergleichend an beiden Oberschenkeln 20 cm oberhalb des medialen Gelenkspaltes.

- f) Vorliegen eines Gelenkergusses.

Zur Beurteilung des Arthrosegrades wurde von beiden Kniegelenken jeweils eine Röntgenaufnahme in antero-posterorem und seitlichem Strahlengang angefertigt. Die graduelle

Einstufung der Gonarthrose erfolgte in Anlehnung an die Kriterien von Appel (2) und Fischer und Mitarbeiter (18).

Graduelle Einstufung der Gonarthrose:

Grad 0:

Keine röntgenologischen Veränderungen.

Grad I:

Initiale Gonarthrose mit angedeuteten Ausziehungen an der Eminentia intercondylita und den gelenkseitigen Patellapolen.

Grad II:

Mäßige Gonarthrose mit Ausziehungen auch an den Tibiakonsolen, mäßiger Verschmälerung des Gelenkspaltes und beginnender Abflachung der Femurcondylen. Mäßige subchondrale Sklerosierung.

Grad III:

Mittelgradige Gonarthrose mit hälftiger Verschmälerung des Gelenkspaltes, deutlicher Entrundung der Femurcondylen, osteophytärer Randwulstbildung an den Tibiakonsolen, der Eminentia intercondylita, den Innenkanten der Femurcondylen und den gelenkseitigen Patellapolen. Ausgeprägte subchondrale Sklerosierung.

Grad IV:

Ausgeprägte Gonarthrose: Gelenkdestruktion mit ausgeprägter Verschmälerung bis Aufhebung des Gelenkspaltes und unruhiger Randkontur. Zystische Veränderungen an Tibiakopf, Femurcondylen und Patella. Subluxationsstellung des Femur gegenüber der Tibia.

Nachuntersuchungsergebnisse

Alle 12 mit Kreuzbandplastik nach Franke/Brückner versorgten Patienten konnten im Zeitraum vom 27.6.1974 bis 16.9.1976 nachuntersucht werden, und zwar sechs Patienten einmal, drei Patienten zweimal und drei Patienten dreimal. Um die Ergebnisse der Nachuntersuchungen möglichst aussagekräftig zu gestalten, wurden für die folgende Aufstellung jeweils die Befunde der letzten Nachuntersuchung verwendet, so daß die Patienten in einem Zeitraum von 7 bis 27 Monaten post operationem untersucht werden konnten. Im Durchschnitt betrug die Zeit vom Operations- bis zum Nachuntersuchungstag 13,3 Monate.

35 von den 37 Patienten, die nach Nicholas am Kniegelenk operiert wurden, konnten vom 8.8.1975 bis 4.12.1976 nachuntersucht werden, davon 15 einmal, 14 zweimal, vier dreimal und zwei viermal. Wiederum wurde jeweils die letzte Nachuntersuchung ausgewertet. Eine Patientin wurde wegen des kurzen Zeitraums von der Operation bis zur Nachuntersuchung von 3,5 Monaten für die folgende Aufstellung nicht berücksichtigt. Bei den verbliebenen 34 Patienten erstreckte sich die Zeit Operation - Nachuntersuchung auf 6 bis 16 Monate, im Durchschnitt auf 10,2 Monate.

Tabelle 1: Patientengut zur Nachuntersuchung

Operationsmethode	freies Transplantat	Five-One-Procedure
operierte Patienten	12	37
davon nachunter- sucht		
1 mal	6	15
2 mal	3	14
3 mal	3	4
4 mal	0	2
insgesamt nach- untersucht	12	35
Aufgrund zu kurzer Zeit zwischen Opera- tion und Nachunter- suchung für folgen- de Aufstellung nicht berücksichtigt	0	1
Fallzahl	n = 12	n = 34

Folgende Befunde konnten bei der Nachuntersuchung festge-
halten werden:

1. Subjektive Ergebnisse 6 - 27 Monate postoperativ:

Frage	freies Transplantat n = 12	Five-One-Procedure n = 34
1. Stört Sie ihr op. Kniegelenk	Ja: 5 Nein: 7	Ja: 22 Nein: 12
2. Ist das op. Knie- gelenk so gut wie das andere	Ja: 5 Nein: 7	Ja: 3 Nein: 31

Frage	freies Transplantat	Five-One-Procedure
3. Schmerzt es	Ja: 7 Ja bei Bela- stung: 1 Nein: 4	Ja: 4 Ja bei Bela- stung: 10 Ja wet- terfüh- lig: 2 Nein: 18
4. Ist es locker oder wackelig	Ja: 4 Nein: 8	Ja: 12 Nein: 22
5. Ist die Beweg- lichkeit ein- geschränkt	Ja: 5 Nein: 7	Ja: 9 Nein: 25
6. Schwillt es an	Ja: 5 Nein: 7	Ja: 9 Nein: 25
7. Scheint es schwach zu sein	Ja: 3 Nein: 9	Ja: 9 Nein: 25
8. Knickt es ein oder schnappt es	Ja: 1 Nein: 11	Ja: 11 Nein: 23
9. Können Sie in die Hocke gehen	Ja: 6 Nein: 6	Ja: 25 Nein: 9
10. Haben Sie Schwierigkeiten b. Treppenst.	Ja: 3 Nein: 9	Ja: 7 (4 Schmerzen) Nein: 27
11. Hindert es bei bei der Arbeit	Ja: 2 (1 Umschulung) Nein: 10	Ja: 4 Nein: 30
12. Sind Sie völlig zufrieden mit Operationser- gebnis	Ja: 6 Bedingt: 3 Nein: 3	Ja: 17 Bedingt: 12 Nein: 5
13. Hat Sie Ihr Knie- gelenk von weite- rer sportlicher Tätigkeit abge- halten	Ja: 9 Nein: 3	Ja: 20 Nein: 14

Die in dem Untersuchungsschema nach O'Donoghue gestellten Fragen berücksichtigen Arthrosebeschwerden, Beweglichkeit, Stabilität des Gelenkes und die Gewöhnung an den operativ erreichten Zustand.

Kernpunkt ist die Frage nach der Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis: Von den mit freiem Transplantat versorgten Patienten zeigten sich 6 völlig zufrieden, 3 bedingt zufrieden und 3 unzufrieden. Mit dem Ergebnis der Operation nach Nicholas waren 17 Patienten völlig, 12 bedingt und 5 nicht zufrieden. Grund für die Zufriedenheit der Patienten war vor allem die wiedergewonnene Stabilität: Nur 4 von 12 der mit freiem Transplantat und 12 von 34 mit der Operation nach Nicholas versorgten Patienten gaben an, daß das Gelenk noch locker sei. Aufgrund der wiedergewonnenen Stabilität konnten 9 von 12 bzw. 20 von 34 Patienten wieder eine sportliche Tätigkeit aufnehmen. Allerdings kann wegen des in vielen Fällen sehr kurzen Zeitraumes von der Operation bis zur Nachuntersuchung keine endgültige Aussage über die Wiedererlangung der Sportfähigkeit gemacht werden.

Abgesehen von den Patienten, bei denen die Beseitigung der Instabilität nicht in befriedigendem Maße gelungen war, klagten viele der bedingt oder nicht zufriedenen Patienten über Schmerzen im operierten Kniegelenk: Schmerzfrei waren 4 der 12 mit freiem Transplantat und 18 der 34 nach Nicholas versorgten Patienten. Über eine Einschränkung der Beweglichkeit klagten 5 von 12 bzw. 9 von 34 Patienten, meist mit dem Hinweis, daß die Beweglichkeit mit der Zeit unter krankengymnastischer Behandlung besser werde.

Um die Auswirkung des Zeitraumes von der Operation bis zur Nachuntersuchung zu beurteilen werden im Folgenden die Befunde aufgeführt, die sich bei einzelnen Patienten von der ersten bis zur letzten Nachuntersuchung verändert haben.

Lag die erste Nachuntersuchung in einem Zeitraum von sechs Monaten post operationem wurde für diese Aufstellung die zweite gewählt, das Zeitlimit von minimal sechs Monaten zur Nachuntersuchung wurde also auch hier eingehalten. Die Untersuchung wird auf die wichtigsten subjektiven Befunde beschränkt, d.h. auf die Fragen

1. Stört Sie Ihr operiertes Kniegelenk?
3. Schmerzt es?
4. Ist es locker oder wackelig?
12. Sind Sie völlig zufrieden mit dem Operationsergebnis?

Die Veränderungen werden eingeteilt in: Verbesserung des subjektiven Befundes, Verschlechterung des subjektiven Befundes und keine Änderung des subjektiven Befundes. Der Zeitraum zwischen den beiden ausgewerteten Nachuntersuchungen beträgt bei den mit freiem Transplantat versorgten Patienten 4 bis 15, im Durchschnitt 9,5 Monate, bei den nach Nicholas operierten 3 bis 10, im Durchschnitt 5,5 Monate.

Selbstverständlich kommen hier nur Patienten zur Auswertung, die mindestens zweimal nachuntersucht worden sind, so daß sich für das freie Transplantat eine Fallzahl von 6, für die Five-One-Procedure eine Fallzahl von 17 ergibt.

Veränderung der subjektiven Befunde zwischen zwei Nachuntersuchungen:

Frage	freies Transplantat 6 Fälle	Five-One-Procedure 17 Fälle
1	Verbesserung: 3 Verschlechterung: 0 unverändert: 3	3 1 13
3	Verbesserung: 0 Verschlechterung: 2 unverändert: 4	3 2 12
4	Verbesserung: 1 Verschlechterung: 1 unverändert: 4	1 2 14
12	Verbesserung: 0 Verschlechterung: 0 unverändert: 6	3 5 (4 von + auf (+)) 9

Frage 1, die die Gewöhnung an den operativ erreichten Zustand berücksichtigt, zeigte bei den 6 in dieser Aufstellung berücksichtigten mit freiem Transplantat versorgten Patienten keine Verschlechterung des subjektiven Befundes. 3 Patienten hatten sich zwischen zwei Nachuntersuchungen so an ihr operiertes Kniegelenk gewöhnt, daß sie es nicht mehr als störend empfanden. Von den 17 mehr als einmal nachuntersuchten Patienten, die nach Nicholas operiert worden waren, konnten sich 3 an ihr operiertes Gelenk gewöhnen, in einem Fall verschlechterte sich der Befund.

In der Beurteilung des Operationsergebnisses (Frage 12) zwischen zwei Nachuntersuchungen zeigte sich bei keinem der mit freiem Transplantat versorgten Patienten eine

Änderung, da weder in puncto Stabilität (Frage 4) noch in puncto Schmerzhaftigkeit (Frage 3) ein deutlicher Trend zur Änderung des Befundes sichtbar wird. Von den 17 in diesem Teil der Untersuchung berücksichtigten Patienten, die nach Nicholas operiert worden waren, beurteilten 5 das Operationsergebnis schlechter als bei der ersten Nachuntersuchung. Dabei änderte sich das Urteil "völlig zufrieden" in 4 Fällen in "bedingt zufrieden". Diese Tatsache ist nicht auf eine Verschlechterung der Instabilität (Frage 4) zurückzuführen, sondern auf ein Bestehenbleiben der Schmerzhaftigkeit (Frage 3) in vielen Fällen. 3 Patienten beurteilten das Operationsergebnis besser als bei der ersten Nachuntersuchung.

2. Objektive Befunde

Die klinische und röntgenologische Untersuchung der operierten Patienten wurden nach den oben ausgeführten Kriterien durchgeführt. Dabei konnten folgende objektive Befunde erhoben werden:

Untersuchung	freies Transplantat n = 12	Five-One-Procedure n = 34
1. Vordere Schubblade	keine: 5 + : 5 ++ : 2 +++ : 0	keine: 3 + : 12 ++ : 17 +++ : 2

Untersuchung	freies Transplantat		Five-One-Procedure	
2. Anteromediale Instabilität	keine:	4	keine:	25
	+	3	+	6
	++	4	++	3
	+++	1		
3. Anterolaterale Instabilität	keine:	12	keine:	27
			+	3
			++	4
			+++	0
4. Aufklappbarkeit medial	keine:	2	keine:	19
	+	7	+	12
	++	2	++	3
	+++	1	+++	0
5. Aufklappbarkeit lateral	keine:	12	keine:	27
			+	3
			++	4
			+++	0
6. Beweglichkeit	frei:	6	frei:	21
	leicht eingeschränkt	3	leicht eingeschränkt	9
	mäßig eingeschränkt	2	mäßig eingeschränkt	4
	stark eingeschränkt	1	stark eingeschränkt	0
7. Quadricepsminderung	keine:	2	keine:	5
	- 1 cm	7	- 1 cm	12
	- 2 cm	2	- 2 cm	7
	- 3 cm	0	- 3 cm	8
	mehr als 3 cm	1	mehr als 3 cm	2
8. Erguß		0		1
9. Röntgen (Arthrosegrad)	0 :	3	0 :	5
	I :	5	I :	17
	II :	3	II :	10
	III :	1	III :	2

Wie die Aufstellung der objektiven Befunde zeigt, ist die Beseitigung der vorderen Schublade durch das freie Transplantat in 5 von 12 Fällen völlig gelungen, während von den 34 nach Nicholas operierten Patienten nur bei 3 ein Schubladenphänomen mehr nachgewiesen werden konnte. Bei der Beseitigung der medialen Aufklappbarkeit und der antero-medialen Instabilität scheint sich die Operationsmethode nach Nicholas überlegen zu zeigen. Inwieweit diese Unterschiede der beiden Operationsmethoden signifikant sind, wird eine später aufgeführte statistische Berechnung zeigen.

Die bei 7 der später nach Nicholas operierten Patienten präoperativ festgestellte Lockerung des lateralen Seitenbandes war in allen 7 Fällen auch bei der Nachuntersuchung noch nachweisbar: Nach wie vor litten sie an einer leichten bis mäßigen antero-lateralen Instabilität. Die lateralen Seitenbänder aller 12 mit freiem Transplantat versorgten Patienten waren prä- wie postoperativ fest.

Ob die Operationsmethode nach Nicholas in puncto Beweglichkeit des operierten Gelenkes überlegen ist, kann erst die Statistik zeigen.

Durch Vergleich der ersten und der letzten Nachuntersuchung bei denselben Patienten, wie es beim subjektiven Teil ge-

schehen ist, soll der Einfluß der Zeit post operationem auf die objektiven Befunde festgestellt werden: Herangezogen werden die Befunde: vordere Schublade, mediale Aufklappbarkeit, Quadricepsminderung und Arthrosegrad, unterschieden wird wiederum in Verbesserung, Verschlechterung und Gleichbleiben des Befundes.

Veränderung der objektiven Befunde zwischen zwei Nachuntersuchungen:

Untersuchung	freies Transplantat 6 Fälle	Five-One-Procedure 17 Fälle
Vordere Schublade	Verbesserung: 3 Verschlechterung: 2 unverändert: 1	8 2 7
Mediale Aufklappbarkeit	Verbesserung: 1 Verschlechterung: 0 unverändert: 5	5 5 7
Quadricepsatrophie	Verbesserung: 5 Verschlechterung: 0 unverändert: 1	11 1 5
Arthrosegrad	Verbesserung: 0 Verschlechterung: 0 unverändert: 6	0 4 12

Ein eindeutiger Einfluß des Zeitfaktors auf die objektiven Befunde kann, außer beim Abbau der Quadricepsminderung, bei keiner der beiden Operationsmethoden festgestellt werden. Ob die Verbesserung der vorderen Schublade bei 8 von 17 nach Nicholas operierten Patienten in einem Zeitraum von durchschnittlich 5,5 Monaten einen Trend zur Verbesserung des Operationsergebnisses zeigt, ist ungewiß.

Ob es durch die jeweilige Operationsmethode gelungen ist, die präoperativen Befunde zu verbessern, ist in folgendem dargestellt:

Unter dem Gesichtspunkt der Stabilität des Kniegelenkes wurde mit beiden Operationsmethoden eine deutliche Besserung des präoperativen Zustandes erzielt:

Bei den 12 mit freiem Transplantat versorgten Patienten besserte sich die vordere Schublade in allen Fällen, die Valgusinstabilität in 7 und die antero-mediale Instabilität in 10 Fällen. In keinem Fall trat eine Verschlechterung des präoperativen Zustandes auf.

Bei den 34 nach Nicholas operierten Patienten konnte eine Besserung der vorderen Schublade in 31, eine Besserung der Valgusinstabilität in 33 und eine Besserung der antero-medialen Instabilität in allen 34 Fällen festgestellt werden. Nur bei einem Patienten trat eine Verschlechterung der vorderen Schublade ein.

10 der mit statischer Plastik versorgten Patienten hatten präoperativ Schmerzen. Eine Beseitigung der Schmerzen durch die Operation gelang nur in 2 Fällen, 6 Patienten hatten unverändert Schmerzen, bei 2 Patienten waren die Schmerzen postoperativ schlimmer.

Von den 34 mit der Five-One-Procedure versorgten Patienten hatten bei der Nachuntersuchung 4 unverändert Schmerzen, bei 15 hatten sich die Schmerzen durch die

Operation gebessert, bei 7 verschlimmert. 8 waren prä- und postoperativ schmerzfrei.

Eine Verbesserung der Beweglichkeit des Kniegelenkes konnte durch die statische Plastik in 2 Fällen erreicht werden, in 6 Fällen war die Beweglichkeit schlechter als vor der Operation. 8 der 34 nach Nicholas operierten Gelenke waren beweglicher, 10 weniger beweglich als vor der Operation.

Eine Verbesserung der Quadricepsminderung konnte durch das freie Transplantat in 4 Fällen erreicht werden. In 4 Fällen waren präoperativer und postoperativer Befund gleich, in 4 Fällen hatte sich die Muskelminderung verschlechtert. Bei den nach Nicholas operierten Patienten hatte sich die Muskelminderung in 18 Fällen verbessert, in 8 Fällen verschlechtert, in 8 Fällen war sie unverändert.

Ein Fortschreiten der Arthrose konnte durch das freie Transplantat in 6 von 12 Fällen, durch die Operation nach Nicholas in 19 von 34 Fällen verhindert werden. Bei den übrigen Patienten verschlechterte sich die Arthrose. Die statistische Berechnung wird ebenfalls klären, ob es durch eine der beiden Methoden signifikant besser gelungen ist, ein Fortschreiten der Arthrose zu verhindern.

Vergleich der Befunde prä- und postoperativ:

Befund	freies Trans- plantat n = 12	Five-One- Procedure n = 34
Vordere Schublade:		
Verbesserung	12	31
unverändert	0	2
Verschlechterung	0	1
Valgusinstabilität:		
Verbesserung	7	33
unverändert	5	1
Verschlechterung	0	0
Anteromediale Instabilität:		
Verbesserung	10	34
unverändert	2	0
Verschlechterung	0	0
Schmerzhaftigkeit:		
Verbesserung	2	15
keine Schmerzen prä- und postoperativ	2	8
Schmerzen unverändert	6	4
Verschlechterung	2	7
Beweglichkeit:		
Verbesserung	2	8
unverändert	4	16
Verschlechterung	6	10
Quadricepsminderung:		
Verbesserung	4	18
unverändert	4	8
Verschlechterung	4	8
Arthrosegrad:		
Verbesserung		
unverändert	6	19
Verschlechterung	6	15

3.3.3 Biomechanische Untersuchung

Als zusätzliche Untersuchung wurde die biomechanische Auswirkung der bei allen 34 nach Nicholas und bei 8 mit einem freiem Transplantat versorgten Kniegelenken durchgeführten Pes-anserinus-Transplantation nach Slocum experimentell bei den nachuntersuchten Patienten geprüft. Wie oben beschrieben klappt Slocum die Pes-anserinus-Sehnengruppe so nach cranial um, daß aus den Flexoren mehrheitlich Innenrotatoren werden. Diese zusätzliche innenrotatorische Kraft der Muskel des operierten Beines im Vergleich zum nichtoperierten Bein sollte gemessen werden. Dazu wurde ein Dynamometer entwickelt, mit dem sich die Kraft messen läßt, mit der ein Proband seinen Unterschenkel nach innen rotieren kann. Der Proband sitzt dazu auf einem Stuhl und hält das Kniegelenk in 90 Grad Beugung. Der Fuß steht, nach beiden Seiten abgestützt, auf einem Brettchen, das am Fußende drehbar, am Rahmen des Dynamometers befestigt ist. Gegen den Widerstand einer Federwaage versucht der Proband, den Unterschenkel mit maximaler Kraft nach innen zu rotieren, die dazu aufgewandte Kraft wird an der Federwaage abgelesen. Die Untersuchung wird vergleichend an beiden Beinen durchgeführt.

Da es sich nicht um eine Messung von absoluten Kräften, sondern um eine vergleichende Untersuchung handelt, bei der es nur auf die Differenz von zwei Kräften ankommt, kann die innenrotatorische Wirkung von Muskeln des Unterschenkels auf das untere Sprunggelenk vernachlässigt werden.

Um eine eventuelle Auswirkung von Rechts- bzw. Linkshändigkeit des betreffenden Patienten auf die zu messende innenrotatorische Kraft des Unterschenkels berücksichtigen zu können, wurde bei 60 Patienten, 40 Männern und 20 Frauen im Alter von 13 bis 67 Jahren aus der Ambulanz der Orthopädischen Klinik München, die innenrotatorische Kraft beider Unterschenkel mit dem Dynamometer gemessen. Dazu wurden nur Probanden ausgewählt, deren untere Extremitäten weder krankhaft verändert noch zuvor operiert waren. Die Probanden wurden jeweils gefragt, ob sie Rechts- oder Linkshänder seien, dabei stellte es sich heraus, daß 54 Rechtshänder und 6 Linkshänder zur experimentellen Untersuchung kamen. Die gefundenen Meßwerte wurden in Bezug zur Händigkeit gesetzt. Dabei ergab sich, daß die Kraftleistung der Innenrotatoren des Unterschenkels von der Händigkeit des Probanden unabhängig ist.

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden auch die 40 Patienten, an denen der Pes-anserinus-Transfer nach Slocum durchgeführt wurde, mit dem Dynamometer auf die Kraft der Innenrotatoren des Unterschenkels untersucht. Die Messung wurde wiederum an beiden Beinen vergleichend vorgenommen. Dazu muß gesagt werden, daß das Ergebnis der Untersuchung bei der in den meisten Fällen vorliegenden Minderung des M. quadriceps auf der Seite des operierten Kniegelenkes nur ein Anhalt sein kann, keinesfalls eine endgültige Feststellung.

Bei der Kraftmessung auf der Seite des operierten Kniegelenkes erzielten die Patienten eine durchschnittliche Leistung von 9,3 kp, auf der Seite des nichtoperierten Gelenkes von 10,4 kp.

Dabei erzielten zehn Patienten rechts und links die gleiche Kraftleistung. Eine Mehrleistung auf der Seite des nicht-operierten Kniegelenks konnte bei 20 Patienten gemessen werden, und zwar in sechs Fällen eine Mehrleistung von 1 kp, in fünf Fällen von 2 kp, in sechs Fällen von 3 kp, in zwei Fällen von 4 kp und in einem Fall von 5 kp.

Eine Mehrleistung auf der Seite des operierten Kniegelenkes wurde bei zehn Patienten nachgewiesen. Die Mehrleistung betrug in sieben Fällen 1 kp, in zwei Fällen 2 kp und in einem Fall 3 kp.

Schlüsselt man die Leistung der Patienten, die zum Zeitpunkt der Untersuchung keine Quadricepsminderung aufwiesen, auf, so ergibt sich folgendes Ergebnis, das vom Patientengut zwar wesentlich aussagekräftiger ist, durch die geringe Anzahl von sechs Fällen jedoch angreifbar bleibt: Die sechs Patienten ohne Quadricepsatrophie erreichten auf der Seite des operierten Kniegelenkes eine innenrotatorische Kraft von durchschnittlich 9,6 kp, auf der nichtoperierten Seite von 9,25 kp.

Von diesen sechs Patienten erzielten drei eine Mehrleistung auf der Seite des operierten Gelenkes (in zwei Fällen von 1 kp, in einem Fall von 2 kp).

Zwei Patienten erreichten auf beiden Seiten die gleiche Kraftleistung, einer eine Minderleistung auf der Seite des operierten Kniegelenkes von 3 kp.

3.3.4 Tabelle der Einzelpatienten

Tab. 2: Prä- und postoperative Befunde von 12 mit freiem Transplantat nach Franke/Brückner versorgten Patienten

Fall-Nr. Name Alter Geschlecht	Zeitraum zwischen Verletzung und Ope- ration	Vorausgegan- gene Operatio- nen andernorts	Vergleich praeoperativer Befund / Nachuntersuchung							Zufrieden mit dem Operations- ergebnis	
			Schmer- zen	Beweg- lich- keit	vordere Schub- lade	Valgus- insta- bilität	antero- mediale Insta- bilität	Quadr- icepsa- trophie cm	Rotationskraft Pes anserinus		Arthrose- grad
1. K.A. 31 wbl	15 Monate	Gips	praoperativ 27 Mon. post op.	frei frei	+++ +	+++ +	+++ +	- 1,5 - 2	- 1 kp	0 I	ja
2. G.G. 27 ml	18 Monate	Ø	praoperativ 20 Mon. post op.	frei 0-3-105	+++ +	+++ +	+++ +	- 2 0	+ 1 kp	0 I	ja
3. F.J. 27 ml	4,5 Jahre	Gips	praoperativ 19 Mon. post op.	frei 0-0-140	+++ ++	+++ +	+++ Ø	- 1 - 1	seitengleich	I I	(ja)
4. J.P. 19 ml	6 Monate	Gips	praoperativ 17 Mon. post op.	frei frei	+++ Ø	+++ +	+++ Ø	- 1 - 1	- 1 kp	0 0	ja
5. B.E. 40 ml	4 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 16 Mon. post op.	frei 0-0-135	+++ Ø	+++ ++	+++ ++	- 1 - 1	+ 1 kp	2 2	nein
6. B.E. 24 ml	2 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 10 Mon. post op.	frei frei	+++ Ø	+++ Ø	+++ Ø	0 - 1,5	- 1 kp	0 0	nein
7. A.A. 23 ml	15 Monate	Ø	praoperativ 12 Mon. post op.	frei 0-0-115	+++ +	+++ +	+++ +	- 1 - 1,5	entfällt	I II	nein
8. Sch.H. 35 ml	12 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 9 Mon. post op.	frei 0-0-130	+++ ++	+++ ++	+++ ++	- 1,5 - 1	entfällt	I II	(ja)
9. K.M. 18 ml	2,5 Jahre	Lindemannpla- stik, Meniscek- tomie medial	praoperativ 7 Mon. post op.	frei 0-0-120	+++ +	+++ +	+++ ++	- 3 - 1	entfällt	0 I	ja
10. R.W. 35 ml	5 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 6 Mon. post op.	frei 0-0-90	+++ Ø	+++ Ø	+++ +	- 3,5 - 5	entfällt	II III	(ja)
11. L.R. 22 ml	8 Monate	Ø	praoperativ 10 Mon. post op.	frei frei	+++ Ø	+++ +	+++ Ø	- 1 - 1	entfällt	I I	ja
12. P.P. 19 ml	18 Monate	Meniscektomie medial	praoperativ 7 Mon. post op.	frei 0-0-125	+++ +	+++ ++	+++ ++	- 1 0	entfällt	0 0	ja

Tab. 31. Prä- und postoperative Befunde von 34 mit der Five-

One-Procedure nach Nicholas versorgten Patienten

Fall-Nr. Name Alter Geschlecht	Zeitraum zwischen Verletzung und Ope- ration	Vorausgegan- gene Operati- onen andernorts	Vergleich präoperativer Befund						/ antero- mediale Insta- bilität	Nachuntersuchung			Arthrose- grad	Zufrieden mit dem Operations- ergebnis
			Schmer- zen	Beweg- lich- keit	vordere Schuldr- lade	Valgus- Insta- bilität	Quadr- iceps- atrophie	Rotationskraft Pes anserinus						
1. R.X. 36 mJ	15 Jahre	Ø	praoperativ 16 Mon. post op.	frei frei	++ +	++ Ø	+++ Ø	- 2 - 2	- 2 kp	0 I		ja		
2. F.B. 23 mJ	2 Jahre	Innenbandnaht	praoperativ 16 Mon. post op.	frei frei	+++ ++	+++ ++	+++ ++	- 1 - 1	- 2 kp	I I		nein		
3. M.H. 39 mJ	4 Monate	Tutor	praoperativ 16 Mon. post op.	frei frei	+++ Ø	+++ Ø	+++ Ø	- 1 0	+ 1 kp	I I		(ja)		
4. S.E. 20 mJ	1 Jahr	Tutor	praoperativ 15 Mon. post op.	frei frei	+++ +	+++ Ø	+++ Ø	0 0	+ 1 kp	0 I		ja		
5. Sch.L. 31 mJ	4 Monate	Außenbandnaht	praoperativ 14 Mon. post op.	frei 0-0-130	+++ ++	+++ Ø	+++ Ø	- 3 - 2,5	- 4 kp	0 I		ja		
6. K.P. 25 mJ	1 Jahr	Arthrotomie	praoperativ 14 Mon. post op.	frei frei	+++ +	+++ +	+++ Ø	- 1,5 - 1,5	- 1 kp	0 I		ja		
7. E.G. 20 mJ	2 Jahre	Meniscektomie medial,	praoperativ 13 Mon. post op.	frei frei	+++ +	+++ Ø	+++ Ø	- 2 - 0,5	seitengleich	0 0		ja		
8. K.H. 25 wbl	7 Jahre	Spritzen	praoperativ 1 Jahr post op.	frei frei	+++ +	+++ Ø	+++ Ø	- 2 - 1	+ 1 kp	I I		(ja)		
9. K.W. 22 mJ	2 Jahre	Gips	praoperativ 7 Mon. post op.	frei 0-20-140	+++ ++	+++ Ø	+++ Ø	- 2,5 - 0,5	seitengleich	0 0		ja		
10. B.S. 17 mJ	4 Monate	Tutor	praoperativ 7 Mon. post op.	frei frei	+++ ++	+++ +	+++ +	- 1 0	- 3 kp	0 0		(ja)		
11. N.A. 59 mJ	1,5 Monate	Ø	praoperativ 1 Jahr post op.	frei 0-0-120	++ Ø	+++ Ø	+++ Ø	- 3 - 1,5	- 3 kp	I I		(ja)		
12. Sch.H. 35 mJ	4 Jahre	Innenbandnaht	präoperativ 1 Jahr post op.	frei frei	++ ++	+++ +	+++ +	- 2 0	seitengleich	II II		(ja)		
13. Sch.L. 25 mJ	1,5 Jahre	Gips	praoperativ 1 Jahr post op.	frei 0-5-120	+++ ++	+++ Ø	+++ Ø	- 2 - 1	- 2 kp	I I		ja		
14. P.P. 20 mJ	3 Jahre	Kreuzband- satz, Innen- bandraffung	praoperativ 11 Mon. post op.	frei 0-0-130	+++ +++	+++ ++	+++ ++	- 2 - 0,5	+ 3 kp	I II		nein		
15. R.J. 34 wbl	8 Jahre	Elast. Ver- band	praoperativ 10 Mon. post op.	frei frei	+++ ++	+++ +	+++ +	- 1 - 0,5	+ 1 kp	I II		(ja)		
16. B.W. 35 mJ	17 Jahre	Ø	praoperativ 1 Jahr post op.	frei frei	+++ ++	+++ Ø	+++ Ø	- 3 - 2,5	seitengleich	I I		nein		
17. B.E. 26 mJ	2 Jahre	Ø	praoperativ 10 Mon. post op.	frei 0-10-140	+++ ++	+++ +	+++ +	- 2 - 2	- 2 kp	I I		ja		
18. F.J. 26 mJ	1 Jahr	Meniscektomie medial	praoperativ 6 Mon. post op.	frei 0-0-140	+++ Ø	+++ Ø	+++ Ø	- 2 - 3,5	- 3 kp	I I		ja		
19. M.R. 25 mJ	1,5 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 9 Mon. post op.	frei 0-0-110	+++ ++	+++ +	+++ +	- 2 0	seitengleich	I II		ja		
20. H.H. 30 mJ	1 Jahr	Tutor	praoperativ 6 Mon. post op.	frei frei	+++ ++	+++ Ø	+++ Ø	- 1 0	+ 2 kp	0 0		ja		
21. Sch.H. 28 mJ	6 Jahre	Tutor	praoperativ 12 Mon. post op.	frei frei	+++ ++	+++ Ø	+++ Ø	- 1 - 0,5	- 1 kp	I I		ja		
22. W.K. 26 mJ	8 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 6 Mon. post op.	frei frei	+++ ++	+++ +	+++ Ø	- 3 0	seitengleich	0 0		(ja)		
23. Z.J. 25 mJ	1 Jahr	Ø	praoperativ 9 Mon. post op.	frei frei	+++ +	+++ Ø	+++ Ø	- 1 - 1,5	seitengleich	I I		ja		
24. H.M. 19 mJ	1 Jahr	Tutor	praoperativ 9 Mon. post op.	frei frei	+++ ++	+++ +	+++ Ø	- 1 - 2,5	- 3 kp	0 I		(ja)		
25. S.G. mJ	2,5 Jahre	Meniscektomie lateral	praoperativ 9 Mon. post op.	frei frei	+++ +++	+++ ++	+++ ++	- 3,5 - 3	- 3,5 kp	I III		nein		
26. K.H. 38 mJ	12 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 9 Mon. post op.	frei 0-0-125	+++ +	+++ Ø	+++ Ø	- 1 - 2	+ 1 kp	I II		(ja)		
27. A.W. 33 mJ	4. Monate	Ø	praoperativ 9 Mon. post op.	frei 0-5-100	+++ ++	+++ Ø	+++ Ø	- 1 - 0,5	+ 4 kp	I II		(ja)		
28. V.F. 24 mJ	1 Jahr	Gips	praoperativ 6 Mon. post op.	frei 0-0-130	+++ +	+++ Ø	+++ Ø	0 0	- 1 kp	I II		(ja)		
29. K.A. 26 mJ	1,5 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 6 Mon. post op.	frei 0-0-130	+++ ++	+++ +	+++ Ø	- 3 - 3	- 1 kp	I II		ja		
30. Sch.L. 29 mJ	1 Jahr	Verbände	praoperativ 7 Mon. post op.	frei 0-0-135	+++ ++	+++ +	+++ Ø	0 1	seitengleich	I II		(ja)		
31. H.J. 29 mJ	2 Jahre	Meniscektomie medial	praoperativ 6 Mon. post op.	frei 0-0-110	+++ +	+++ +	+++ Ø	- 1 - 2,5	- 5 kp	I III		ja		
32. F.M. 26 mJ	7 Jahre	Tutor	praoperativ 6 Mon. post op.	frei frei	+++ ++	+++ +	+++ +	- 1 - 5	- 3 kp	I I		ja		
33. D.R. 28 mJ	4 Jahre	Ø	praoperativ 9 Mon. post op.	frei 0-0-140	+++ +	+++ Ø	+++ Ø	- 1 - 2	- 1	II II		nein		
34. M.R. 20 mJ	1 Jahr	Tutor	praoperativ 6 Mon. post op.	frei 0-0-135	+++ ++	+++ Ø	+++ Ø	- 4 - 2,5	seitengleich	I I		ja		

3.3.5 Statistik

Für wichtige subjektive und objektive Befunde wurde eine statistische Berechnung durchgeführt, mit dem Ziel, die Überlegenheit der einen vor der anderen Methode statistisch abzusichern.

Mit Hilfe der in dieser Untersuchung angewandten 2 I - Statistik kann man eine Aussage darüber machen, ob die Nullhypothese (das bedeutet in diesem Fall die Gleichheit der beiden untersuchten Methoden) mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ($\alpha = 0,05$) verworfen werden kann.

Berechnungsbeispiel:

Subjektiv klagten 5 der 12 mit freiem Transplantat versorgten Patienten über eine Einschränkung der Beweglichkeit, bei den nach Nicholas operierten waren es 9 von 34:

2 I - Statistik = 0,934985047

Anzahl der Freiheitsgrade: 1

Bei einem Freiheitsgrad und $\alpha = 0,05$ liegt der kritische Wert (Schranke der χ^2 -Verteilung) bei 3,84. Da der Wert der 2 I - Statistik kleiner als der kritische Wert ist, kann man folgern: Die Nullhypothese (d.h. daß beide Methoden in der subjektiv empfundenen Beweglichkeit des Kniegelenks keinen Unterschied aufweisen) kann nicht verworfen werden.

Die gleiche Berechnung wurde für andere Nachuntersuchungsergebnisse durchgeführt.

Ergebnisse der 2 I - Statistik:

Erläuterung: Methode 1: freies Transplantat (n = 12)

Methode 2: Five-One-Procedure (n = 34)

H (0): Nullhypothese kann nicht verworfen
werden: 2-I-Statistik 3,84

H (1): Alternativhypothese kann mit einer
Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%
angenommen werden: 2-I-Statistik
3,84

Kriterium	Metho- de 1	Metho- de 2	2-I- Statistik	statisti- sches Er- gebnis
Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis	9	29	0,61	H (0)
Vordere Schublade be- seitigt	5	3	5,91	H (1)
Mediale Aufklappbar- keit beseitigt	2	19	5,94	H (1)
Anteromediale Instabi- lität beseitigt	4	25	6,03	H (1)
Beweglichkeit (objek- tiv) frei	6	21	0,50	H (0)
Verschlechterung der Arthrose im Vergleich zum präoperativen Be- fund	6	15	0,12	H (0)

Als Ergebnis der statistischen Berechnung ergibt sich demnach:

Bei der Beseitigung der vorderen Schublade zeigt sich das freie Transplantat signifikant überlegen. Bei der Beseitigung der medialen Aufklappbarkeit sowie der anteromedialen Instabilität zeigt sich die Operation nach Nicholas signifikant überlegen. Bei den übrigen Kriterien zeigt sich kein signifikanter Unterschied der beiden Methoden.

4. DISKUSSION

Für den Vergleich: statische Plastik / statisch-dynamische Plastik wurden zwei Operationsverfahren ausgewählt, die nebeneinander zur Therapie der veralteten unhappy triad durchgeführt werden. Der zu dieser Kombinationsverletzung führende Mechanismus, nämlich eine von lateral auf das gebeugte Knie bei außenrotierter Tibia einwirkende Kraft, wird von Nicholas (42) beschrieben und durch die Angaben eigener Patienten bestätigt: Wer Angaben über den Hergang des Unfalls machen konnte, sprach in jedem Fall von einem "Verdrehen" des Kniegelenks in Beugestellung oder von einer seitlichen Krafteinwirkung auf das gebeugte Gelenk, z.B. durch einen Gegenspieler beim Fußball.

Daß das Fußballspiel die dominierende Verletzungsursache ist, haben schon andere Autoren vorher beobachtet (55; 66; 5), diese Untersuchung bestätigt diese Feststellung. Auffallend ist, daß Sportarten mit direkten Gegenspielern, d.h. Spielern, die bei Ausübung des Sports körperlichen Kontakt haben (Fußball, Handball, Ringen, Judo), bezogen auf das Kniegelenk wesentlich verletzungssträchtiger sind als Sportarten ohne körperlichen Kontakt mit einem Mitspieler (Schifahren, Tennis). Die Einwirkung eines Gegners scheint also von großer Bedeutung zu sein. Die hohe Zahl von Fußballverletzungen liegt sicher an der weiten Verbreitung dieses Sports, wesentlich mehr Leute jedoch betreiben aktiv alpinen Schilauf!

Aus der Dominanz der Sport-, und darunter hauptsächlich der Fußballverletzungen, ergibt sich auch das Überwiegen des männlichen Geschlechts und niedrige Durchschnittsalter unserer Patienten. Dasselbe haben auch andere Autoren (1; 56) bei anderen Patienten mit einer Kreuzbandverletzung.

Mitentscheidend für den Erfolg einer bandplastischen Maßnahme ist die Zeit vom Unfall bis zur Operation, vor allem die Veränderungen, die das Gelenk und seine Muskulatur in dieser Zeit treffen: 45 von 49 Patienten wiesen präoperativ eine mehr oder weniger starke Quadricepsminderung auf, 31 eine in den meisten Fällen initiale Gonarthrose. Die in den meisten Fällen vorausgegangene präoperative Versorgung der Knieverletzung trägt infolge der damit verbundenen Immobilisation des Gelenkes einen bedeutenden Teil zu diesen Veränderungen bei (16, 46, 33). Befunde dieser Art bei einem so großen Teil von Patienten bieten eine ungünstige Grundlage für eine Bandplastik gleich welcher Art.

Das Überwiegen der subjektiven Beschwerden Instabilität, Schmerz oder beides zusammen und die in allen Fällen deutlichen klinischen Zeichen einer Bandlockerung machen die Diagnose derselben nicht schwierig: In allen Fällen wurde die Diagnose einer Bandlockerung oder einer Meniscusläsion intraoperativ bestätigt. Bestätigt wurden auch die tierexperimentell gewonnenen Ergebnisse von Palmer (54), Jones (29) und O'Donoghue (52), daß ein durchtrenntes Kreuzband innerhalb kurzer Zeit resorbiert wird: Bei zwei Patienten, die 3 1/2 bzw. 4 Monate nach dem Unfallereignis zur Operation kamen, fehlte bereits das vordere Kreuzband.

Bei keinen der beiden untersuchten Operationsverfahren gab es intraoperative Komplikationen, auch die erwähnten postoperativen Komplikationen sind als gering zu bewerten und erlauben keinerlei Kritik an einem der Verfahren. Nicholas (42) allerdings beschreibt bei seinen Patienten eine Komplikationsrate von 23%, verursacht durch das sich Lösen von Metallklammern, Wundinfektionen, Thrombosen und Beugung in Narkose.

Die Gipsfixation betrug jeweils sechs Wochen, die Remobilisationszeit war bei der Methode nach Nicholas mit durchschnittlich 20 Tagen gegenüber 25 Tagen kürzer. Zurückzuführen ist diese Tatsache darauf, daß es sich bei der Operation nach Nicholas um ein mehr extraartikulär ausgerichtetes Verfahren handelt. Die Traumatisierung des Gelenkes während der Operation ist geringer, demnach auch die postoperative intraartikuläre Blutung und als Folge davon mögliche Verwachsungen.

Trotz der längeren Remobilisationszeit ist die bei der Nachuntersuchung ermittelte subjektive und objektive Beweglichkeit der mit freiem Transplantat versorgten Gelenke nicht signifikant schlechter. Dies ist ein Zeichen dafür, daß ein statisches Verfahren zum Kreuzbandersatz in puncto Beweglichkeit mit einem mehr extraartikulären Verfahren konkurrieren kann, wenn es gelingt, die Traumatisierung des Gelenkes (z.B. Bohrlöcher) so gering wie möglich zu halten. Vor allem ist es auch wichtig, den anatomisch richtigen Verlauf und die richtige Länge des Kreuzbandes durch die Plastik exakt nachzuahmen. Das scheint mit dem freien Transplantat nach Franke/Brückner zu gelingen.

Bei der vergleichenden Untersuchung der subjektiven Nachuntersuchungsergebnisse ergibt sich kein bedeutungsvoller Unterschied, der für die eine oder andere Methode sprechen würde. Der hohe Anteil der mit dem Operationsergebnis zufriedenen Patienten korreliert mit einer Verbesserung der Instabilität, die mit beiden Methoden im Vergleich zum präoperativen Zustand erreicht wurde. Bei der Befragung der Patienten fiel auf, daß diejenigen, die mit dem Operationsergebnis unzufrieden waren, weniger über Instabilität sondern mehr über Schmerzen klagten.

Wie beim Vergleich der von den Patienten angegebenen Beschwerden vor der Operation festgestellt wurde, wirkt sich eine Schubladenbewegung oder eine Seiteninstabilität weniger störend aus als ein unkontrollierbares "Herausdrehen" des Kniegelenkes. Objektives Kriterium dieses "Herausdrehens" ist die rotatorische Instabilität. Aufgabe der Operation ist es, dem Patienten durch Beseitigung der rotatorischen Instabilität das Gefühl der Sicherheit im Kniegelenk wiederzugeben. Inwieweit die Beseitigung der anteromedialen Instabilität bei veralteter unhappy triad gelungen ist, wurde in dieser Untersuchung vergleichend für beide Operationsmethoden geprüft:

Eine Beseitigung der anteromedialen Instabilität wurde mit der Methode nach Nicholas in 25 von 34 Fällen erreicht, mit dem statischen Kreuzbandersatz kombiniert mit Innenbandplastik in vier von 12 Fällen. Hier zeigt sich ein Vorteil der statisch-dynamischen Plastik, der auch statistisch signifikant ist. Nicholas (42) beschreibt eine Verbesserung der anteromedialen Instabilität bei 40 von 42 durch ihn nachuntersuchten Patienten.

Die von den neuen Erkenntnissen der Pathophysiologie des Kniegelenks ausgehende theoretische Überlegung: komplexe Instabilität - komplexes Operationsverfahren wird in der Praxis bestätigt. Eine antero-posteriore Instabilität kombiniert mit einer Valgusinstabilität hat noch keine anteromediale Komplexinstabilität zur Folge. Entscheidend für das Auftreten der anteromedialen Instabilität ist die Mitverletzung der posteromedialen Kapsel (42). Diese Mitverletzung der posteromedialen Kapsel wird bei der Operationsmethode nach Nicholas berücksichtigt; eine Behandlung von Einzelinstabilitäten, wie es beim freien Transplantat kombiniert mit Innenbandplastik geschieht, kann zur Behebung einer

Komplexinstabilität nicht geeignet sein, wenn auch eine Verbesserung des präoperativen Befundes in 10 von 12 Fällen erreicht werden konnte.

Bei sieben nach Nicholas operierten Patienten wurde eine leichte bzw. mäßige anterolaterale Instabilität nachgewiesen, die in fünf Fällen damit zu erklären ist, daß eine präoperativ diagnostizierte Außenbandschwäche nicht operativ versorgt wurde. Es ist einsichtig, daß die Five-One-Procedure anterolaterale Instabilität nicht beheben kann und daß ein Gelenk mit kombinierter Kreuzband-, Innen- und Außenbandlockerung trotz Operation rotatorisch instabil bleibt. Die statisch-dynamische Plastik kann eine rotatorische Instabilität nur beheben, wenn der Instabilitätstyp vor der Operation genau diagnostiziert und durch ein geeignetes operatives Verfahren behandelt wird.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des objektiven Teils der Nachuntersuchung fällt auf, daß nur drei der 34 nach Nicholas operierten Kniegelenke in antero-posteriorer Richtung stabil waren, während fünf von 12 der mit freiem Transplantat versorgten Gelenke kein Schubladenphänomen aufwiesen. Hier zeigt sich das freie Transplantat statistisch signifikant überlegen. Entgegen der Feststellung von Kennedy und Fowler (31), Castaing und Mitarbeiter (12) und Hertel und Schweiberer (21), daß bei isolierter Durchtrennung des vorderen Kreuzbandes das vordere Schubladenzeichen negativ bis leicht positiv ausfällt, zeigt diese Untersuchung, daß das vordere Schubladenzeichen durch die Operation nach Nicholas, die ja auf einen plastischen Ersatz des vorderen Kreuzbandes verzichtet, lediglich reduziert, aber fast nie beseitigt werden konnte. Nicholas (42) kommt bei der Untersuchung seiner eigenen Patienten zu einem ähnlichen Ergebnis. Es wird deutlich, daß das Kreuz-

band für die antero-posteriore Stabilität des Kniegelenkes unerläßlich ist. Nur ein anatomisch exakter plastischer Ersatz eines geschädigten Kreuzbandes kann diese Stabilität bewirken.

Weniger befriedigend ist das Ergebnis der jeweils gleichzeitig zum freien Transplantat durchgeführten innenbandplastischen Maßnahmen. Die Operation nach Nicholas, die neben einer Straffung des medialen Seitenbandes und einem Pes-anserinus-Transfer auch der Bedeutung der posteromedialen Kapsel, die bei einer unhappy triad und konsekutiver anteromedialer Instabilität stets mitverletzt ist, gerecht wird, beseitigt die mediale Aufklappbarkeit des Gelenkspaltes signifikant besser.

Wie wichtig die statische und dynamische Stabilisierung des Kniegelenkes ist, zeigt der Vergleich der Röntgenbefunde vor der Operation und bei der Nachuntersuchung: Eine Verschlechterung der Arthrose konnte bei den mit freiem Transplantat versorgten Patienten nur in sechs von 12 Fällen, bei den nach Nicholas operierten in 19 von 34 Fällen verhindert werden. Aus diesen Zahlen läßt sich nicht folgern, ob die Beseitigung einer antero-posterioren Instabilität oder einer anteromedialen Instabilität der Knorpeldegeneration besser Einhalt gebieten kann. Es läßt sich vermuten, daß nur eine Beseitigung jeglicher Instabilität bessere Ergebnisse bringen kann.

Die bei der Nachuntersuchung gemessene Quadricepsminderung ist keinesfalls ein Endzustand. Die Veränderung der Meßwerte zwischen zwei Nachuntersuchungen - bei zwischenzeitlich durchgeführtem Muskeltraining - läßt einen deutlichen Trend zur Verbesserung der Ergebnisse erkennen.

Diesen Trend bestätigt auch Nicholas (42), der bei seinen Nachuntersuchungen einen längeren Zeitraum von der Operation bis zur Nachuntersuchung überblickt. Nur sechs von 52 Patienten erreichten nach mehr als 40 Wochen keine normale Muskelkraft auf der betroffenen Seite. Wenn man die Bedeutung des Quadriceps für die aktive Stabilisierung des Kniegelenkes in Erwägung zieht, kann man mit einer Beseitigung der Muskelminderung am operierten Kniegelenk auf eine Verbesserung des gesamten Operationsergebnisses hoffen.

Neben den schon zitierten Ergebnissen von Nicholas (42) bestätigen auch die Nachuntersuchungsergebnisse von Mansat (36) die eigenen Untersuchungen: Bei der Nachuntersuchung von 33 nach Nicholas operierten Kniegelenken wendet er allerdings ein ganz anderes Untersuchungs- und Bewertungsschema an:

Objektive und subjektive Zeichen werden zusammen genommen und als "Valeur fonctionelle du genou" mit Punkten bewertet.

Als Höchstpunktzahl werden für Stabilität 24, für Ausdauer 8, für Beweglichkeit 4 und für Muskelkraft 4 Punkte gegeben. Über 30 Punkte wird ein Gelenk als sehr gut, zwischen 26 und 30 Punkten als gut, zwischen 20 und 25 Punkten als mäßig und unter 20 Punkten als schlecht bewertet.

Als objektive Kriterien werden das vordere Schubladenphänomen in Außen- und Innenrotation, sowie in 0-Stellung des Kniegelenkes, sowie die mediale und laterale Aufklappbarkeit herangezogen und lediglich zum Befund vor der Operation in Beziehung gesetzt: Verbesserung des Befundes - Gleichbleiben des Befundes - Verschlechterung des Befundes.

Die 33 nach Nicholas operierten Kniegelenke konnten von Mansat wie folgt beurteilt werden:

sehr gut	gut	mäßig	schlecht	gesamt
26	6	1	0	33

Befundverbesserung trat in 30 Fällen ein, in 3 Fällen zeigte sich keine Änderung, in keinem Fall wurden die objektiven Befunde postoperativ schlechter.

Sportfähigkeit wurde in 20 von 24 Fällen wiederhergestellt, wobei jedoch zum Teil auf eine Ersatzsportart ausgewichen werden mußte.

Der Begriff "Valeur fonctionelle du genou" von Mansat ist eine zusammengesetzte Größe aus objektiven, überwiegend jedoch subjektiven Befunden. Wenn man in Rechnung stellt, daß er die Stabilität mit 24 Punkten deutlich höher bewertet als andere Kriterien (s.o.), dann dürften die Ergebnisse von Mansat die eigenen Ergebnisse, d.h. hauptsächlich die subjektiven Ergebnisse, nur untermauern und die Fähigkeit der Operationsmethode nach Nicholas beweisen, einem Patienten, der unter der Instabilität seines Kniegelenkes gelitten hat, das Gefühl der Sicherheit wiederzugeben.

Aus der wiedererlangten Stabilität folgt auch die günstige Aussage von Mansat über die Sportfähigkeit seiner Patienten. Wegen des oft geringen Zeitraumes zwischen Operation und Nachuntersuchung kann beim eigenen Patientengut noch keine endgültige Aussage über die Wiedererlangung der Sportfähigkeit gemacht werden: Es stellte sich sehr oft heraus, daß die Patienten eine Wiederaufnahme der sportlichen Betätigung noch gar nicht versucht hatten oder erst im Anfangsstadium waren.

Über die Behandlung der veralteten unhappy triad mit freiem Transplantat plus Innenbandplastik finden sich in der Literatur keine mit dieser Untersuchung vergleichbaren Stellen.

Wegen der bei den meisten Patienten noch vorhandenen Muskelminderung kann man auch aufgrund der durchgeführten Dynamometermessung keine endgültige Aussage über eine Zunahme der innenrotatorischen Kraftleistung durch Transplantation des Pes-anserinus machen. Allerdings scheinen sich experimentelle Untersuchungen von Noyes und Mitarbeitern (45), daß durch Transplantation des Pes-anserinus eine Verbesserung der rotatorischen Effektivität dieser Muskelgruppe um maximal 39% zu erreichen ist, aufgrund der eigenen Untersuchung nicht zu bestätigen. Eine entscheidende Zunahme der innenrotatorischen Kraft konnte trotz gezielten Trainings der Innenrotatoren nicht einmal bei den Patienten ohne Quadricepsminderung gemessen werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Di Stefano und Mitarbeiter (14), die ebenfalls keine Erhöhung der innenrotatorischen Effektivität nach Pes-anserinus-Transfer nachweisen konnten.

Wie oben gezeigt bietet Nicholas eine geeignete Methode an, die anteromediale Instabilität des Kniegelenkes als Komplexinstabilität durch ein statisch-dynamisches Verfahren zu behandeln. Der statische Kreuzbandersatz ist, auch wenn gleichzeitig seitenbandplastische Maßnahmen mit durchgeführt werden, mehr zur Behandlung der einfachen Instabilität geeignet. Die Five-One-Procedure kann jedoch die antero-posteriore Instabilität des Gelenkes und als Ausdruck davon das vordere Schubladenphänomen nicht in befriedigendem Maße beseitigen. Als Lösung bietet sich der statische Kreuzbandersatz kombiniert mit der Five-One-Procedure nach Nicholas zur operativen Therapie der anteromedialen Instabilität des

Kniegelenkes an, da, wie beschrieben, die Vorteile der einen Methode die Nachteile der anderen ausgleichen können. Wie sich diese kombinierte Methode in der Praxis auswirkt und ob die größere intraoperative Traumatisierung des Gelenkes Probleme bei der Nachbehandlung und Remobilisation aufwirft, wird eine Nachuntersuchung der Patienten zeigen, die nach dieser Methode operiert werden.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von der funktionellen Anatomie des Kniegelenkes und seines Kapselbandapparates werden die Mechanismen beschrieben, die zur Verletzung dieses Kapselbandapparates führen. Es wird dargestellt, daß die Verletzung verschiedener Bänder zu verschiedenen Instabilitätstypen führt. Die Begriffe "einfache Instabilität" und "Komplexinstabilität" werden erklärt. Die Therapiemöglichkeiten des "frischen Kapselbandschadens" und des "veralteten Kapselbandschadens" werden gegenüber gestellt. Aufgrund von Untersuchungen anderer Autoren wird auf die Notwendigkeit der möglichst frühzeitigen Naht frischer Bandrupturen hingewiesen. Zur Therapie des veralteten Kapselbandschadens bieten sich plastische Ersatzoperationen an. Die Begriffe "statische Plastik" und "statisch-dynamische Plastik" werden anhand verschiedener Operationsverfahren aus der Literatur erklärt.

Im folgenden wird auf die Frage "statische oder statisch-dynamische Plastik" eingegangen:

Im Zeitraum von 1973 bis 1976 wurden wegen einer veralteten unhappy triad mit konsekutiver anteromedialer Instabilität 12 Patienten durch Kreuzbandplastik mit freiem mittlerem Patellarsehnedrittel kombiniert mit Innenbandplastik (statische Plastik) und 34 Patienten durch die Five-One-Procedure nach Nicholas (statisch-dynamische Plastik) an der Staatlich-Orthopädischen Klinik der Universität München versorgt. Die statische und die statisch-dynamische Plastik werden aufgrund von Nachuntersuchungsergebnissen verglichen. Bei der Nachuntersuchung werden subjektive, durch Befragung des Patienten gewonnene, und objektive,

durch klinische und röntgenologische Untersuchung gewonnene Befunde berücksichtigt. Ein Vergleich mit den präoperativen Befunden schließt sich an.

Zusätzlich wird die innenrotatorische Effektivität des Pes-anserinus-Transfer nach Slocum und Larson mit einem Dynamometer gemessen.

In ergänzenden Tabellen sind die Patienten und ihre prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse zusammengefaßt.

Eine statistische Berechnung zeigt, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Nachuntersuchungsergebnissen der beiden Operationsmethoden gibt.

Aufgrund der eigenen Untersuchungsergebnisse und derer anderer Autoren kann zusammenfassend gesagt werden:

1. Eine Verbesserung der Stabilität des Kniegelenkes im Vergleich zum präoperativen Zustand konnte durch beide Methoden in allen Fällen erreicht werden.
2. Die statische Plastik ist zur Beseitigung einer Komplexinstabilität nicht geeignet.
3. Die Operationsmethode nach Nicholas ist zur Beseitigung der anteromedialen Instabilität geeignet, vermag jedoch durch ein Persistieren des vorderen Schubladenphänomens bei 31 von 34 Patienten nicht voll zu befriedigen.
4. Auf einen plastischen Kreuzbandersatz kann demnach nicht verzichtet werden.
5. In der Beweglichkeit des operierten Gelenkes zeigt sich kein signifikanter Unterschied der beiden Methoden.
6. Durch den Pes-anserinus-Transfer wird keine entscheidende Zunahme der innenrotatorischen Kraftleistung erzielt.

Als Schlußfolgerung bietet sich zur Behandlung der antero-medialen Instabilität eine Kombination von statischem Kreuzbandersatz mit freiem mittlerem Patellarsehndrittel mit der Operationsmethode nach Nicholas an, da die Vorteile der einen Methode die Nachteile der anderen kompensieren können.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Alm, A.: Old injuries of the ligaments of the knee joint. Acta chir. scand. 140: 283 (1974).
2. Appel, H.: Late results after meniscectomie in the knee joint. Acta orthop. scand., suppl 133 (1970).
3. Artmann, M.
Wirth, C.J.: Die freie Transplantation des mittleren Drittels des Lig. patellae zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes. Mschr. Unfallheilk. 77: 556 - 561 (1974)
4. Augustine, R.W.: The unstable Knee. Americ. J. Surg. 92: 380 (1956).
5. Broström, L.,
Eriksson, E.: Operative Behandlung der inveterierten Kreuzbandschäden. 9. Internat-Kongreß für Skitraumatologie und Wintersportmedizin, Garmisch-Partenkirchen 9. - 12.4.1970.
6. Brückner, H.: Eine neue Methode der Kreuzbandplastik. Chirurg 37: 413 (1966)
7. Brückner, H.
Brückner, H.: Bandplastiken im Kniebereich nach dem Baukastenprinzip. Zbl. Chir. 97: 65 (1972).
8. Burri, C.,
Pässler, H.H.,
Radde J.: Experimentelle Grundlagen zur funktionellen Behandlung nach Bandnaht am Kniegelenk. Z. orthop. 111: 378 (1973).
9. Burri, C.,
Helling, G.,
Rüter, A.: Die Behandlung der posttraumatischen Bandinstabilität am Kniegelenk. Orthopäde 3: 184 (1974).
10. Campbell, W.C.: An Operation for repair of the internal and external lateral ligaments of the knee joint. Surg. Gynec. Obstet. 60: 214 (1935).
11. Campbell, W.C.: Reconstruction of the ligaments of the knee. Amer. J. Surg. 6: 330 (1939).
12. Castaing, J.,
Burdig, Ph.,
Mougin, M.: Les conditions de la stabilité passive du genou. Rev. Chir. orthop. 58: 34 (1972).

13. Cubbins, W.R.,
Callahan, J.J.
Scuderi, C.S. Cruciate ligaments. A resume of
operative attacks and results obtained.
Americ. J. Surg. 43: 481 (1939).
14. Di Stefano, V.,
O'Neil, R.,
Nixon, J.E.,
Davis, O.: Pes-anserinus-transfer: An in vivo
biomechanical analysis. *J. Bone Jt.*
Surg. 58-A: 285 (1976).
15. Edwards, A.H.: Operative procedure suggested for the
repair of collateral ligaments of the
knee joint. *Brit. J. Surg.* 8: 266
(1921).
16. Ely, L.W.,
Mensor, M.C.: Studies on the immobilisation of the
normal joints. *Surg. Gynec. Obstet*
57: 212 (1933).
17. Ficat, P.: Pathologie des Menisques et des
Ligaments du genou. Paris: Masson
(1970).
18. Fischer, V.,
Bruns, H.,
Matzen, K.: Belastbarkeit nach medialer und late-
raler Meniscektomie. *Wehrmed. Zschr.*
18: 370 (1974).
19. Franke, K.: Zur Behandlung von Kreuzbandverletzun-
gen des Kniegelenkes. *Med. u. Sport*
14: 342 (1974).
20. Helfet, A.J.: The Management of Internal Derange-
ments of the Knee. London: Pitman
(1963).
21. Hertel, P.,
Schweiberer, L.: Biomechanik und Pathophysiologie des
Kniebandapparates. *Hefte Unfallheilk.*
125: 1 (1975).
22. Hey-Groves:
• The crucial Ligaments of the Knee -
Joint: Their Function, Rupture, and
the operative Treatment of the same.
Brit. J. Surg. 7: 505 (1920).
23. Hönigschmied, J.: Leichenexperimente über die Zerrei-
sung der Bänder im Knie. *Dtsch. Z.*
Chir. 36: 587 (1893).
24. Hohmann, G.: Zur Behandlung des traumatischen
Schlotterknies. *Zbl. Chir.* 62: 145
(1935).
25. Holz, U.,
Weller, S.: Entstehung und Diagnostik der frischen
Bandverletzungen. *Hefte Unfallheilk.*
125: 17 (1975).

26. Jäger, M. Die Möglichkeiten zur Verwendung von Dura bei Bandverletzungen des Kniegelenkes. Hefte Unfallheilk. 125: 124 - 128 (1975).
27. Jäger, M.,
Wirth, C.J.: Die anbehandelte "unhappy triad". Hefte Unfallheilk. 125: 69 (1975).
28. Jelinek, R.,
Gruber, P.,
Siepen, M.: Der plastische Ersatz der Kniegelenksseitenbänder mit Kunststoffarterien. Zbl. Chir. 87: 1037 - 1040 (1962).
29. Jones, K.: Reconstruction of the anterior cruciate ligament. J. Bone Jt. Surg. 45A: 925 (1963).
30. Jones, K.: Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the central One-Third of the Patellar Ligament. J. Bone Jt. Surg. 52A: 1302 (1970).
31. Kennedy, J.C.,
Fowler, P.J.: Medial and anterior instability of the knee. J. Bone Jt. Surg. 53A: 1257 (1971).
32. Krömer, K.: Zur operativen Behandlung der Seitenbandrisse des Kniegelenkes. Chirurg 34: 273 - 276 (1963).
33. Laros, G.S.,
Tipton, C.M.,
Cooper, R.R.: Influence of physical activity on ligament insertions in the knees of dogs. J. Bone Jt. Surg. 53A: 275 (1971).
34. Lenggenhager, K.: Über Genese, Symptomathologie und Therapie des Schubladensymptoms des Kniegelenkes. Zbl. Chir. 39: 1810 (1940).
35. Lindemann, K.: Über den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzungen. Z. Orthop. 79: 316 (1950).
36. Mansat, Ch.: Traitement chirurgical des laxités anciennes antéro-internes du genou. Revue de Chirurgie orthopédique 62: 321 - 336 (1976).
37. Matter, P.,
Burri, C.,
Ruedi, Th.: Spätzustände nach sofort und sekundär versorgter unhappy triad. Zschr. Unf. med. Berufskr. 63 (1970).
38. Mc. Conville: Repair of the collateral ligaments of the knee. Surg. Gynec. Obstet. 90: 291 - 294 (1950).

39. Mauck, H.P.: A new operative Procedure for Instability of the Knee. J. Bone Jt. Surg. 18: 984 - 990 (1936).
40. Müller, W.: Die Rotationsinstabilität am Kniegelenk. Hefte Unfallheilk. 125: 51 (1975).
41. Muhr, G.,
Tscherne, H.,
Hesse, W.: Therapie frischer Bandverletzungen. Hefte Unfallheilk. 125: 26 (1975).
42. Nicholas, J.A.: The Five-One-Reconstruction for antero-medial instability of the knee. J. Bone Jt. Surg. 55-A: 899 (1973).
43. Niederecker, K.: Behandlung der Kreuzbandverletzungen und des Schlotterkniees. Verh. Dtsch. Orthop. Ges. 42 (1954). Bei H.Z. Orthop. 86, 227, 282 (1955).
44. Niederecker, K.: Der heutige Stand der Kreuzbandplastiken. Langenbeck's Arch. Klin. Chir. 287: 688 (1957).
45. Noyes, F.R.,
Sonstegard, D.A.,
Michigan, A.A.: Biomechanical function of the pes anserinus on the knee and the effect of its transplantation. J. Bone Jt. Surg. 55-A: 1225 (1973).
46. Noyes, F.R.,
Torvik, P.J.,
Hyde, W.B.,
De Lucas, J.L.: Biomechanics of ligament failure II. An analysis of immobilisation, exercise and reconditioning effects in primate. J. Bone Jt. Surg. 58-A: 1406 (1974).
47. O'Donoghue, D.H.: An analysis of end results of surgical treatment of major injuries to the ligaments of the knee. J. Bone Jt. Surg. 37-A: 1 - 13 (1955).
48. O'Donoghue, D.H.: Injury of the ligaments of the knee. Amer. J. Orthop. 3: 46 (1961).
49. O'Donoghue, D.H.: A methode for replacement of the anterior cruciate ligament of the knee. J. Bone Jt. Surg. 45-A: 905 (1963).
50. O'Donoghue, D.H.: An analysis of end results of surgical treatment of major injuries to the ligaments of the knee. J. Bone Jt. Surg. 37-A: 1 (1963).
51. O'Donoghue, D.H.: The Unhappy Triad. Amer. J. Orthop. 6: 242 (1964).

52. O'Donoghue, D.H.,
Lockwood, Ch.A.,
Jack, S.C.,
Kenyon, R.: Repair of the anterior cruciate ligament in dogs. J. Bone Jt. Surg. 48-A: 503 (1966).
53. O'Donoghue, D.H.: Reconstruction for medial Instability of the knee. J. Bone Jt. Surg. 55-A: 941 (1973).
54. Palmer, J.: On the injury to the ligaments of the knee joint; clinical study. Acta chir. scand. 81: Suppl. 51 (1938).
55. Pietsch, P.,
Richter, E.,
Brückner, H.: Ergebnisse plastischer Wiederherstellungsoperationen der Kreuz- und Seitenbänder am Kniegelenk bei 80 Patienten. Teil I: Verletzungen der Kreuzbänder. Mschr. Unfallheilk. 72: 141 (1969).
56. Refior, H.J.,
Wirth, C.J.: Der plastische Ersatz veralteter Kreuzbandrupturen. I. Material, Methoden und Indikationen. Z. Orthop. 114: 913 - 922 (1976).
57. Rüter, A.,
Burri, C.: Die frische Bandverletzung am Kniegelenk. Diskussionsbemerkungen und Empfehlungen aller Teilnehmer (3. Reisenburger Workshop zur klinischen Unfallchirurgie). Hefte Unfallheilk. 125: 42 (1975).
58. Slocum, D.B.,
Larson, R.L.: Rotatory instability of the knee. J. Bone Jt. Surg. 50-A: 211 (1968).
59. Slocum, D.B.,
Larson, L.: Pes anserinus transplatat. A surgical procedure for control of Rotatory Instability of the Knee. J. Bone Jt. Surg. 50-A: 226 (1968).
60. Slocum, D.B.
et al.: Late Reconstructions of Ligamentous Injuries of the Medial Compartment of the Knee. Clin. Orthop. 100: 23 - 55 (1974).
61. Sternemann, H.O.,
Voorhoeve, A.: Die Kreuzbandplastiken des Kniegelenkes. Arch. orthop. Unfallchir. 74: 329 - 337 (1973).
62. Steward, M.: In: Campbells Operative Orthopedics, Vol. 1: The C.V. Mosby Company, Saint Louis (1963).

63. Trillat, A.,
Ficat, P.: Reconstruction du ligament croisé
antérieur. Rev. de Chir. Orthop.,
Suppl. I. 58: 32 (1972).
64. Weigert, M.,
Gronert, H.-J.: Kniebandnaht - Kniebandplastik.
Arch. orthop. Unfallchir. 72: 253 -
271 (1972).
65. Willenegger, H.,
Baltensberger, A.: Plastischer Ersatz der Kniebänder
mit autologer Cutis. Helv. chir.
Acta 34: 75 - 79 (1967).
66. Wirth, C.J.,
Refior, H.J.: Der plastische Ersatz veralteter
Kreuzbandstrukturen. II. Spätergeb-
nisse. Z. Orthop. 114: 922 - 930
(1976).
67. Wittek, A.: Über Verletzungen der Kreuzbänder
des Kniegelenkes. Dtsch. Z. Chir.
200: 491 (1927).
68. Wittek, A.: Die Binnenverletzungen des Kniege-
lenkes. Z. Orthop. 58: 204 (1933).

Zum Schlusse meiner Arbeit darf ich Herrn
Priv.-Doz. Dr. med. C. J. WIRTH für die Über-
lassung des Themas, die wertvollen Hinweise
beim Aufbau der Arbeit und die Übernahme des
Referates herzlichst danken.

Herrn Prof. Dr. med. A. N. WITT, Direktor der
Staatlich Orthopädischen Klinik der Universität
München, danke ich ergebenst für die Übernahme
des Coreferates.

Den Mitarbeitern des Institutes für Statistik
und Biomathematik der Universität München
danke ich für die bereitwillige Unterstützung
in Fragen der Statistik.

LEBENS LAUF

Als Sohn des Obergerichtsvollziehers Hugo K r e b s und seiner Ehefrau Maria, geborene F i e d l e r , wurde ich in Laufen/Obb. am 30. März 1953 geboren.

Von 1959 bis 1963 besuchte ich die Knaben-volksschule und anschließend das Karls-Gymnasium in Bad Reichenhall. Im Juni 1972 bestand ich an dieser Schule das Abitur.

Im Wintersemester 1972/73 begann ich das medizinische Studium an der Ludwig-Maximilians-Universität in München und bestand dort im August 1974 das Physikum. Die klinischen Semester belegte ich ebenfalls in München und beendete im Herbst 1978 mein Studium mit dem dritten Abschnitt der ärztlichen Prüfung.

Dissertations- und Fotodruck-ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 • 8000 München 5 • Telefon 268177

